สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน
เรื่อง เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

COMPUTER TUTORIAL ASSISTED INSTRUCTION ON CONSTRUCTIONAL TECHNOLOGY

T060829

เฉลิมพล วิริยะศิริพจน์
CHALERMPOL VIRIYASIRIPOJ

วท.
ส4922ว
2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 60829
วัน,เดือน,ปี - 6 ก.ค. 2549

b 11501742
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1742-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPUTER TUTORIAL ASSISTED INSTRUCTION ON CONSTRUCTIONAL TECHNOLOGY

CHALERMPOL VIRIYASIRIPOJ

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF INDUSTRIAL EDUCATION IN ARCHITECTURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2005

ISBN 974-15-1742-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2005
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบบวน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง
นักศึกษา	นายเฉลิมพล วิริยะศิริพจน์
รหัสประจำตัว	45063132
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมพล ดำรงเสถียร
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาหาคุณภาพ และประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง โดยตั้งสมมุติฐานไว้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป และสามารถใช้เป็นสื่อการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า 1 ตามเกณฑ์ของ Meguigans

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี จำนวน 20 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่ม

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา เทคโนโลยีทางการก่อสร้างมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้ คือ เลือกเนื้อหา วิเคราะห์เนื้อหาเป็นหน่วยย่อย กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้ครอบคลุมตามเนื้อหาที่แบ่งไว้ สร้างแบบฝึกหัดและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นำเนื้อหาที่ออกแบบ มาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้โปรแกรม Authorware 6.5 แล้วนำเสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่อง นำข้อมูลที่ได้มาแก้ไขปรับปรุง แล้วนำไปทดลองเพื่อหาข้อบกพร่องกับกลุ่มทดลอง 20 คนเมื่อแก้ไขแล้วนำไปทดลองหาประสิทธิ์ภาพโดยหาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน เรื่อง เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมากคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีและมีประสิทธิ์ภาพเท่ากับ 1.13 ซึ่ง เป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย และนำไปสอนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Computer – Assisted Instruction on Instruction on Constructional Technology
Student	Mr. Chalermpol Viriyasiripoj
Student ID	45063132
Degree	Master of Industrial Education
Programme	Architecture
Year	2005
Thesis Advisor	Assistant Professor Sompol Dumromgsatian
Thesis Co – advisor	Assistant Professor Dr. Lertlak Klinhom

ABSTRACT

The purposes of this research were to develop and determine quality and efficiency of computer Tutorial Assisted Instruction on "Constructional Technology. " The hypothesis of this study would be at least good level and efficiency more than 1 follow con script Meguigans standard

The sample group were randomly selected from the first year in the Architecture 20 students from Rajamangala Institute of Technology Nonthaburi Campus. Were randomly selected to participate in Cluster Sampling.

Development of Computer – Assisted Instruction on "Constructional Technology." was the first lesson content selected. It was divided into sub – topics. The learning experiment was constructed to be used. By learners during and after the learning period. It was to designed into Computer – Assisted Instruction and development it by Authorware 6.5 Program. After improvements and approve as suggested by the thesis advisor, co – advisors and contents / media production specialists. Then try out with group 20 persons. The experiments were conducted and data were analyzed from population samples.

The results of this study found that the Computer Tutorial Assisted Instruction on "Constructional Technology." met the best quality of the lesson contents , good media production and efficiency was 1.13 according to the assumption.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยความกรุณาช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ผศ.สมพล ดำรงเสถียร อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผศ. ดร. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้สนับสนุนช่วยเหลือให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางรวมทั้งแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ในการวิจัยด้วยความเอาใจใส่เสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกทราบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ ได้แก่ ผศ.สุทัศน์ จุฬ้ามาณี ผศ.สุรศักดิ์ กังขาว ผศ.อัจฉรา สืบสินธุ์สกุลไชย และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินสื่อด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อได้แก่ อาจารย์คมกริช หมายสุข อาจารย์ภัทรวดี ศิริวรรณ อาจารย์ระดมเดช ทักษณา อาจารย์เชิงชาญ แสงวิสุทธิ์ ที่ได้กรุณาเสียสระเวลาในการให้คำแนะนำเพื่อแก้ไขเครื่องมือในการวิจัย รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชา ให้ผู้วิจัยได้มีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถนำมาใช้ในการทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี หัวหน้าแผนกเทคนิคสถาปัตยกรรม รวมถึงอาจารย์ และนักศึกษาในแผนกเทคนิคสถาปัตยกรรม ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการทดลองใช้เครื่องมือในการวิจัย และการเก็บข้อมูล

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ น้องที่ช่วยเกี่ยวกับ Powerpoint เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่ทำงาน พี่จ๊อด, อุ๊รุ่นน้องที่ office ที่ช่วยเป็นมือปืนยามคับขัน หัวหน้าที่อนุญาตให้ลา ให้การสนับสนุนและคอยเป็นกำลังใจจนทำให้ผู้วิจัยสามารถผ่านพ้นอุปสรรคต่างๆ ทั้งหลายทั้งปวงที่เกิดขึ้นจนสามารถสำเร็จการศึกษา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างยิ่ง ต่อบุคคลที่เกี่ยวข้องและไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ ที่ได้เสียสระเวลาอันมีค่าให้ความร่วมมือ ทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

เฉลิมพล วิริยะศิริพจน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.....3

1.3 สมมติฐานการวิจัย.....3

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....4

1.6 นิยามคำศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....4

บทที่ 2 **เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**.....6

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546.....7

2.2 เนื้อหาเกี่ยวกับการเรียนการสอนเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง.....8

2.3 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....12

2.4 หลักการทำแบบทดสอบและประเมินผล.....32

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....37

บทที่ 3 **วิธีดำเนินการวิจัย**.....40

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....40

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....40

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....46

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....46

บทที่ 4 **ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**.....48

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ.....48

4.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน.....50

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....52

5.1 สรุปผลการวิจัย.....52

5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....55

5.3 ข้อเสนอแนะ.....56

บรรณานุกรม.....58

ภาคผนวก.....60

ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....61

ภาคผนวก ข บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง.....65

ภาคผนวก ค จุดประสงค์การเรียนรู้.....176

ภาคผนวก ง แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน.....181

ภาคผนวก จ ผลการประเมินคุณภาพสื่อการสอนของผู้ทรงคุณวุฒิ.....197

ภาคผนวก ฉ การคำนวณค่าสถิติที่เกี่ยวข้อง.....201

ประวัติผู้เขียน.....209

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงเนื้อหาเกี่ยวกับการเรียนการสอนเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง.....8

2.2 แสดงการนำโปรแกรมบทเรียนเพื่อการสอนไปใช้งาน.....15

2.3 แสดงการนำโปรแกรมบทเรียนการฝึกหัดไปใช้งาน.....16

2.4 แสดงการนำโปรแกรมบทเรียนสถานการณ์จำลองไปใช้งาน.....17

2.5 แสดงการนำโปรแกรมบทเรียนเกมเพื่อการสอนไปใช้งาน.....18

2.6 แสดงการนำโปรแกรมบทเรียนแบบการค้นพบไปใช้งาน.....19

2.7 แสดงการนำโปรแกรมบทเรียนแบบการแก้ปัญหาไปใช้งาน.....20

2.8 แสดงค่าประสิทธิภาพสหสัมพันธ์ (r) มีค่าระหว่าง ±.....36

4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพด้านเนื้อหา ของบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง 48

4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพด้านเทคนิคการสื่อ ของบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง.....49

4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน.....50

ข1 Possibility In Structural Design And Construction Of Building Materials.....134

จ1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบ ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (D) และ คุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....198

ฉ1 แสดงคะแนน จากการทดลองใช้ (Tryout) เพื่อทดลองหาคุณภาพของแบบทดสอบ เรื่อง เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง.....202

ฉ2 แสดงค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (D) ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบ ทดสอบเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน.....203

ฉ3 แสดงผลคะแนน จากการทำแบบทดสอบ ก่อนและหลังเรียน เรื่อง เทคโนโลยีทางการ ก่อสร้าง (คะแนนเต็ม 80 คะแนน) 207

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แสดงการใช้งานทั่วๆ ไปของคอมพิวเตอร์.....13

2.2 แสดงรูปแบบโปรแกรมบทเรียนเพื่อการสอน.....15

2.3 แสดงรูปแบบโปรแกรมบทเรียนการฝึกหัด.....16

2.4 แสดงรูปแบบโปรแกรมบทเรียนสถานการณ์จำลอง.....17

2.5 แสดงรูปแบบโปรแกรมบทเรียนเกมเพื่อการสอน.....18

2.6 แสดงรูปแบบกระบวนการในการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของสมิธและบอยส์ (Smith and Boyce 1984 : 6) 25

2.7 แสดงการนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นตรง.....28

2.8 แสดง Forword และ Backward branching.....29

2.9 แสดงการนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชนิดโยงใย ลักษณะ CAI ที่ดี (ฉลอง ทับศรี. 2538 :2-5) 30

ข1 ผังแสดงการตระเตรียมสาธารณูปโภคและการบริการชั่วคราว.....82

ข2 ผังแสดงการตระเตรียมสาธารณูปโภคและการบริการชั่วคราว (ต่อ).....83

ข3 อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อกับที่ธรรมดา.....87

ข4 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างของพื้นคอนกรีตอัดแรง.....92

ข5 แสดงข้อแตกต่างระหว่างโครงข้อแข็งกับโครงสร้างชนิดคานกับเสา.....96

ข6 แสดงข้อแตกต่างของการเสริมเหล็กระหว่าง โครงข้อแข็งกับโครงสร้างชนิดคานกับเสา.....97

ข7 แสดงข้อรูปแบบของโครงข้อหมุน.....98

ข8 แสดงข้อรูปแบบของโครงข้อหมุนชนิดต่าง ๆ 98

ข9 ลักษณะโครงสามมิติรูปแบบหนึ่ง.....105

ข10 แสดงโครงสามมิติพื้นฐานที่เสถียร.....106

ข11 แสดง Common Space Frame Joints.....107

ข12 แสดงหลังคาเปลือกบางชนิดโค้งทางเดียว.....108

ข13 แสดงหลังคาเปลือกบางชนิดโค้งสองทาง แบบ Elliptic Paraboloid.....109

ข14 แสดงการสร้างรูป Hyperbolid Paraboloid.....110

ข15 แสดงอาคาร STLOUIS เป็นโครงสร้างเปลือกบางชนิด Hyperbolid Paraboloid.....111

ข16 แสดงการสร้างโครงสร้างเปลือกบางชนิดหมุนรอบแกน.....112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ข17 แสดงอาคาร moeglingen เป็นโครงสร้างเปลือกบางชนิดหมุนรอบแกน	112
ข18 แสดงอาคาร citejud หลังคาเปลือกบางชนิดไม่มีรูปทางเลขาคณิต	113
ข19 แสดงอาคารชนิดพองลม	114
ข20 แสดง Wheel-Mounted Power Shovel	141
ข21 แสดง Crawer-Mounted Power Shovel	141
ข22 แสดง Crawler-mounted	142
ข23 แสดง Crawler-Tractor-Mounted Bulldozer	144
ข24 แสดงรูปแบบเครื่องจักรในการบดอัด	145
ข25 แสดงTransit mixer ขณะเทคอนกรีต	151
ข26 แสดงTransit mixer	153
ข27 แสดงส่วนประกอบของ Derrick Crane	163
ข28 แสดง Mobile Crane ชนิด Crawler	164
ข29 แสดง Electric Overhead Crane	165
ข30 แสดง Travelling Bridge Crane	165
ข31 แสดง Whirler Crane	166
ข32 แสดงกว้านชนิดที่ทำงานโดยมอเตอร์ไฟฟ้า	167
ข33 แสดง Part Line	168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้งานสถาปัตยกรรมได้มีการพัฒนาก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว เทคโนโลยีทางการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรมก็พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ทั้งยังมีความสับสน ซับซ้อนในขั้นตอนการดำเนินงานมากกว่าอุตสาหกรรมแขนงอื่น งานก่อสร้างในแต่ละโครงการยังมีความแตกต่างกันออกไป ทั้งขนาด, รูปแบบ, วิธีดำเนินงาน ตลอดจนสภาพแวดล้อม ปัญหาจึงย่อมเกิดขึ้นในแต่ละโครงการต่างกัน อย่างไรก็ตามการก่อสร้างในแต่ละโครงการ จะประสบความสำเร็จตามเป้าประสงค์หรือไม่ย่อมขึ้นอยู่กับการแก้ปัญหา โดยอาศัยประสบการณ์ความรู้ความสามารถ และไหวพริบ ซึ่งความรู้ความเข้าใจในด้านเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ต้องอาศัยประสบการณ์ตรงประกอบในการแก้ปัญหาต่าง ๆ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี จึงได้จัดการเรียนการสอนวิชา เทคโนโลยีทางการก่อสร้างไว้สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ในเนื้อหาที่เกี่ยวกับความรู้วิธีเตรียมการก่อสร้างอาคาร รู้ลักษณะโครงสร้างของอาคารช่วงยาวและโครงสร้างหลังคาแบบต่าง ๆ รู้วิธีการทำรอยต่อของอาคาร และการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป จำแนกชนิดของเครื่องทุ่นแรง และการติดตั้ง เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง เพื่อเป็นประโยชน์ในวิชาที่เกี่ยวข้องและเทคโนโลยีที่ใช้ในการเรียนการสอน ความสัมพันธ์กันของเทคโนโลยีทั้งสองแบบจะช่วยให้ผู้สอนหาวิธีการ เนื่องจากผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถและความสนใจแตกต่างกันทำให้ผู้เรียนส่วนหนึ่งสามารถผ่านจุดประสงค์การเรียนได้โดยไม่ยากนัก ในขณะที่ผู้เรียนอีกส่วนหนึ่งต้องใช้เวลาศึกษามากขึ้น หรือต้องใช้วิธีการสอนที่แตกต่างกันจึงสามารถผ่านจุดประสงค์เดียวกันได้ความแตกต่างระหว่างบุคคลทำให้นักการศึกษาและนักเทคโนโลยีทางการศึกษาได้พัฒนาเทคนิคการจัดการการเรียนการสอนเป็นรายบุคคลขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง และก้าวไปตามความสามารถ ความสนใจ และความพร้อม วิธีการศึกษาด้วยตนเองจึงเป็นวิธีการเรียนที่ดีวิธีหนึ่งสำหรับนักศึกษา

จากการได้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น การเรียนการสอนแบบเดิม ในวิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ซึ่งเป็นวิชาซึ่งมีเนื้อหามากและค่อนข้างเข้าใจยาก ซึ่งสื่อที่ใช้ประกอบการสอนมีเพียงสื่อประเภทสิ่งพิมพ์แผ่นใสเท่านั้น จึงไม่สามารถที่จะแสดงออกมาเป็นรูปธรรมได้ ซึ่งนักศึกษาต้องใช้จินตนาการอย่างมากในการเรียนรู้และในการเรียนรู้แต่ละครั้งทำให้นักเรียนจำนวนหนึ่งเข้าใจบทเรียนได้ช้าไม่สามารถเรียนได้ทันเพื่อน เนื่องจากนักศึกษาแต่ละบุคคลมีการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน จึงทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักศึกษาขาดความสนใจ และขาดความเอาใจใส่ นอกจากนี้นักศึกษาบางคนต้องการเรียนบทเรียนล่วงหน้าและต้องการทบทวนบทเรียนที่เรียนมา แต่ไม่สามารถทำได้จึงเป็นการที่ทำให้ไม่ส่งเสริมผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มประสิทธิภาพ จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง เพื่อให้เป็นสื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นนี้ผู้เรียนสามารถที่จะโต้ตอบบทเรียนได้ ทำให้เกิดความเพลิดเพลินไม่เบื่อหน่าย และยังเป็นการจัดการเรียนการสอนที่คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลจะเอื้ออำนวย (วีระ ไทยพานิช.2527 : 9-19) จึงเป็นหนทางหนึ่งในการแก้ปัญหา

การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการเรียนการสอน มีสิ่งสำคัญที่จำเป็นมาก คือโปรแกรมบทเรียน ครรชิต มาลัยวงศ์ (2535 : 69) กล่าวถึงบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction : CAI) ไว้ว่า CAI ให้หลักการที่เรียกว่า Individualized Learning ผู้เรียนสามารถเรียนได้เร็วหรือช้าเท่ากับความสามารถของตนเองไม่ต้องเสียเวลารอคอยไปด้วยกันทั้งชั้นและผู้เรียนบทเรียนเหมือนกันทุกอย่างเป็นการรักษาคุณภาพของการสอนและสามารถกำหนดได้แน่นอนว่าผู้เรียนผ่านวิชานั้นๆไปแล้วจะรู้อะไรบ้าง ดังนั้นในการนำโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีคุณภาพจึงทำให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนได้รับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี โดยใช้เวลาไม่มาก และได้รับความรู้ใหม่จากเนื้อหาที่เรียน อีกทั้งต้องจูงใจผู้เรียนให้ใช้โปรแกรมบทเรียนนั้นๆไปจนบทเรียน นอกจากนี้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถให้ผู้เรียนเรียนได้ด้วยตนเองอย่างอิสระและให้ผลย้อนกลับอย่างมีประสิทธิภาพสามารถตอบสนองต่อผู้เรียนได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้ทราบผลการเรียนของตนเอง ประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เห็นได้ชัดเจนคือสามารถช่วยเพิ่มแรงจูงใจให้แก่ผู้เรียนได้โดยการออกแบบโปรแกรมให้มีภาพ เสียง และให้สามารถโต้ตอบกับผู้เรียนได้อย่างรวดเร็ว

จากผลการวิจัยส่วนมากพอจะสรุปได้ว่าการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีส่วนช่วยเสริมให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดี บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะมีหลักและลักษณะส่วนใหญ่คล้ายกับบทเรียนโปรแกรม (Programmed Instruction) ซึ่งหลักการที่สำคัญอย่างหนึ่งของบทเรียนแบบนี้คือ การให้ผลป้อนกลับ (Feedback) ในขบวนการเรียนการสอนหรือให้ผู้เรียนรู้ผลการตอบสนองของตนเอง เพราะการเรียนรู้จะไม่สมบูรณ์ถ้าหากไม่ให้ผลป้อนกลับ

จากเหตุผลและข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพในการนำเสนอและอธิบายได้ดี คือ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนผู้วิจัยจึงมีความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และผลการวิจัยก็จะเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาใช้ประกอบการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถศึกษาทบทวนได้ตลอดเวลาตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

1.2.2 เพื่อประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

1.2.3 เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนซึ่งอยู่ในระดับที่ดีโดยมีค่าเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไป

1.3.2 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้างตามเกณฑ์ของ Meguigans มีค่ามากกว่า 1

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้ทำวิจัยได้นำแนวความคิดในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งยึดเทคนิคการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดัดแปลงมาจากกระบวนการเรียนการสอนของ Gagne' อ้างใน (ถนอมพร เลาหจรัสแสง. 2541 : 41-43) ดังนี้

1.4.1 บอกวัตถุประสงค์ (Specify Objectives) ในการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ให้ผู้เรียนได้รู้ล่วงหน้า

1.4.2 ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge) เพื่อเตรียมผู้เรียนให้พร้อม

1.4.3 กระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Responds) เพื่อให้ผู้เรียนได้ร่วมกระทำกิจกรรมต่าง ๆ

1.4.4 ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) เป็นการเร้าความสนใจของผู้เรียน

1.4.5 ทดสอบความรู้ (Assess Performance) เป็นการประเมินการเรียน

ซึ่งผู้วิจัยคิดว่าจากแนวคิดในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งยึดเทคนิคการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดัดแปลงมาจากกระบวนการเรียนการสอนของ Gagne' ดังที่กล่าวมาข้างต้น สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1.5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาประกอบไปด้วย

ประชากรในการศึกษาวิจัยเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี ที่ศึกษาวิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ซึ่งเคยศึกษาเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้างมาก่อนรวมจำนวนประชากรทั้งสิ้น 40 คน

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี จำนวน 20 คน

1.5.3 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

1.5.3.1 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

1.5.3.2 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

1.5.4 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการทำบทเรียนเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้างอยู่ในหลักสูตรของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี พุทธศักราช 2545 สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 โดยประกอบด้วยหน่วยการเรียนทั้งสิ้น 7 หน่วยเรียน ดังนี้

หน่วยที่ 1 การเตรียมงานก่อสร้างอาคาร

หน่วยที่ 2 ลักษณะโครงสร้างอาคาร

หน่วยที่ 3 โครงสร้างหลังคา

หน่วยที่ 4 รอยต่ออาคาร

หน่วยที่ 5 การก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป

หน่วยที่ 6 เครื่องทุ่นแรงและการติดตั้ง

หน่วยที่ 7 เทคโนโลยีการก่อสร้างกับงานสถาปัตยกรรม

1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการเรียนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอนซึ่งจะบรรจุเนื้อหาวิชาตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล แผนกวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ในรายวิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง รหัสวิชา 12-112-207 โดยใช้โปรแกรมที่ดำเนินการสอนภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์

1.6.2 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง ผลที่ได้จากการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จากผู้สอน นักศึกษา และผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

1.6.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง คุณภาพของบทเรียนที่วัดจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามเกณฑ์ของ Meguigans คือ Meguigans Ratio >1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวนเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ผู้ศึกษาได้ศึกษาจากแผนการสอนและตำราต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมไปถึงผลการวิจัยต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งได้รวบรวมและนำเสนอสาระสำคัญ ได้ดังนี้

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546

- 2.1.1 จุดประสงค์ของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2546 ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรมสาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
- 2.1.2 ลักษณะรายวิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

2.2 เนื้อหาเกี่ยวกับการเรียนการสอนเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

- 2.2.1 การเตรียมงานก่อสร้างอาคาร
- 2.2.2 ลักษณะโครงสร้างอาคาร
- 2.2.3 โครงสร้างหลังคา
- 2.2.4 รอยต่ออาคาร
- 2.2.5 การก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป
- 2.2.6 เครื่องทุ่นแรงและการติดตั้ง
- 2.2.7 เทคโนโลยีการก่อสร้างกับงานสถาปัตยกรรม

2.3 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

- 2.3.1 ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.3.2 ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.3.3 รูปแบบกระบวนการในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.4 หลักการทำแบบทดสอบและประเมินผล

- 2.4.1 การวางแผนการสอบ
- 2.4.2 หลักการสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice)
- 2.4.3 หลักการประเมินผลแบบทดสอบ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545

2.1.1 จุดประสงค์ของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2545 ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรมสาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม

2.1.1.1 เพื่อให้มีความรู้ ทักษะ และความสามารถในการประกอบอา

2.1.1.2 ชีพช่างเขียนแบบ

ก่อสร้างอาคารในระดับผู้ปฏิบัติภายใต้การควบคุมของสถาปนิก หรือวิศวกร

2.1.1.3 เพื่อให้สามารถประกอบอาชีพเกี่ยวกับงานช่างเทคนิคสถาปัตยกรรมได้

2.1.1.4 เพื่อให้สามารถนำความรู้และประสบการณ์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน และศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง

2.1.1.5 เมื่อให้มีเจตคติที่ดีต่องานอาชีพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถพัฒนาตนเองให้ก้าวหน้าอยู่เสมอ มีมนุษย์สัมพันธ์ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ดำรงตนอยู่ในสังคมและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีความสุข

2.1.1.6 เพื่อให้เป็นพลเมืองดี มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ มีคุณธรรมจริยธรรม สนับสนุนการปกครองระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข

2.1.2 ลักษณะรายวิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง (Construction Technology) รหัสรายวิชา 12-112-207เป็นวิชาชีพเลือกในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ภาคเรียนที่ 2 ชั้นปีที่ 2 สาขาสถาปัตยกรรม จำนวน 3 หน่วยกิต ใช้เวลาศึกษา 54 คาบเรียนตลอด 18 สัปดาห์ ทฤษฎี 3 คาบ ปฏิบัติ – คาบ/สัปดาห์ โดยมีจุดมุ่งหมายรายวิชาดังนี้

1. รู้วิธีเตรียมการก่อสร้างอาคาร
2. รู้ลักษณะโครงสร้างของอาคารช่วงยาวและโครงสร้างของหลังคาแบบต่างๆ
3. รู้วิธีการทำรอยต่อของอาคาร และการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป
4. จำแนกชนิดของเครื่องทุ่นแรง และการติดตั้ง
5. เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีการก่อสร้าง เพื่อเป็นประโยชน์ในวิชาที่เกี่ยวข้อง

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมการก่อสร้างอาคาร โครงสร้างอาคารช่วงยาว โครงสร้างหลังคาแบบต่าง ๆ การทำรอยต่อของอาคาร การก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป การใช้เครื่องทุ่นแรงในการติดตั้ง และวิธีการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เนื้อหาเกี่ยวกับการเรียนการสอนเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

ตารางที่ 2.1 แสดงเนื้อหาเกี่ยวกับการเรียนการสอนเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

สัปดาห์	1-2	จำนวน(คาบ)
เรื่อง	หน่วยที่ 1 การเตรียมงานก่อสร้างอาคาร	6
เนื้อหา / จุดประสงค์การเรียนรู้	1. รู้กระบวนการการเตรียมการก่อนการก่อสร้าง 1.1 บอกความสำคัญของการจัดเตรียมสถานที่ที่จะทำการก่อสร้าง 1.2 จำแนกประเภทของสาธารณะประโยชน์และโครงสร้างชั่วคราว 1.3 บอกหลักการจัดเตรียมบุคลากรและแผนปฏิบัติงาน 2. รู้กระบวนการเตรียมการในระหว่างทำการก่อสร้าง 2.1 ระบุความสัมพันธ์ของผู้เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้าง 2.2 บอกองค์ประกอบของแบบขยายจริงและแบบทำจริง 2.3 ระบุมาตรการรักษาความปลอดภัยในงานก่อสร้าง 2.4 บอกวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับสุขลักษณะ การรักษาพยาบาล และการศึกษาในเขตงาน	3 3
กิจกรรม	บรรยาย,อธิบาย,ทำแบบฝึกหัด	
สัปดาห์	3-4	จำนวน(คาบ)
เรื่อง	หน่วยที่ 2 ลักษณะโครงสร้างอาคาร	6
เนื้อหา / จุดประสงค์การเรียนรู้	1. รู้ระบบโครงสร้างอาคาร 1.1 บอกลักษณะของระบบคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อกับที่ 1.2 บอกลักษณะของระบบคอนกรีตหล่อสำเร็จ 1.3 บอกลักษณะของระบบคอนกรีตอัดแรง 1.4 บอกลักษณะของระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ 2. เข้าใจเกี่ยวกับชนิดของโครงสร้าง 2.1 อธิบายลักษณะโครงสร้างพื้นกับคาน 2.2 อธิบายลักษณะโครงสร้างแผ่นพื้นไร้คาน 2.3 อธิบายลักษณะโครงข้อเหล็ก	3 3
กิจกรรม	บรรยาย,อธิบาย,ทำแบบฝึกหัด	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

สัปดาห์	5-7	จำนวน(คาบ)
เรื่อง	หน่วยที่ 3 โครงสร้างหลังคา	9
เนื้อหา / จุดประสงค์การเรียนรู้	1. รู้หลักการของโครงข้อหมุน (Truss) 1.1 บอกลักษณะของ Platt Truss 1.2 บอกลักษณะของ Howe Truss 1.3 บอกลักษณะของ Fink Truss 2. รู้หลักการของโครงสามมิติ 2.1 บอกลักษณะของโครงสามมิติ 3. รู้หลักการของโครงสร้างเปลือกบาง (Thin-Shell Structure) 3.1 บอกลักษณะเปลือกบางชนิดโค้งทางเดียว 3.2 บอกลักษณะเปลือกบางชนิดโค้งสองทาง 3.3 บอกลักษณะเปลือกบางชนิดหมุนรอบแกน	3 3 3
กิจกรรม	บรรยาย,อธิบาย,ทำแบบฝึกหัด	
สัปดาห์	8	จำนวน(คาบ)
เรื่อง	หน่วยที่ 4 รอยต่ออาคาร (4.1)	6
เนื้อหา / จุดประสงค์การเรียนรู้	1. เข้าใจวิธีการออกแบบรอยต่ออาคารอาคารที่มีความกว้างมาก 1.1 อธิบายการยืดหดตัวของอาคาร 1.2 อธิบายวิธีการวิบัติที่เกิดขึ้นจากการยืดหดตัวของอาคาร 1.3 อธิบายหลักการแบ่ง Construction Joint ในอาคาร	3
กิจกรรม	บรรยาย,อธิบาย,ทำแบบฝึกหัด	
สัปดาห์	9	จำนวน(คาบ)
เรื่อง	สอบกลางภาคหน่วย 1-หน่วยที่ 4 (4.1)	3
สัปดาห์	10	
เรื่อง	หน่วยที่ 4 รอยต่ออาคาร (4.2)	
เนื้อหา / จุดประสงค์การเรียนรู้	2. เข้าใจวิธีการออกแบบรอยต่อสำหรับอาคารสูง 2.1 อธิบายองค์ประกอบการทรุดตัวของอาคาร 2.2 อธิบายวิธีการสังเกตการวิบัติของอาคารเนื่องจากการทรุดตัวของอาคาร 2.3 อธิบายข้อพิจารณาในการก่อสร้างอาคารที่มีความสูงแตกต่างกัน	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

สัปดาห์	10	จำนวน(คาบ)
เรื่อง	หน่วยที่ 4 รอยต่ออาคาร (4.2)	
กิจกรรม	บรรยาย,อธิบาย,ทำแบบฝึกหัด	
สัปดาห์	10-13	จำนวน(คาบ)
เรื่อง	หน่วยที่ 5 การก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป	9
เนื้อหา / จุดประสงค์การเรียนรู้	1. เข้าใจประวัติความเป็นมาของอาคารสำเร็จรูป 1.1 อธิบายประวัติอาคารสำเร็จรูปในต่างประเทศ 2. เข้าใจข้อพิจารณาในการออกแบบอาคารสำเร็จรูป 2.1 อธิบายความสัมพันธ์ของอาคารสำเร็จรูปกับระบบอุตสาหกรรม 2.2 อธิบายความสัมพันธ์ของอาคารสำเร็จรูปกับระบบประสานทางพิกัด 3. เข้าใจข้อพิจารณาเลือกใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป 3.1 อธิบายการเลือกใช้ฐานรากสำเร็จรูป 3.2 อธิบายการเลือกใช้เสาเข็มสำเร็จรูป 3.3 อธิบายการเลือกใช้พื้นสำเร็จรูป 3.4 อธิบายการเลือกใช้ประตู-หน้าต่างสำเร็จรูป	3 3 3
กิจกรรม	บรรยาย,อธิบาย,ทำแบบฝึกหัด	
สัปดาห์	14-16	จำนวน(คาบ)
เรื่อง	หน่วยที่ 6 เครื่องทุ่นแรงและการติดตั้ง	9
เนื้อหา / จุดประสงค์การเรียนรู้	1. เข้าใจการทำงานของเครื่องจักรสำหรับงานดิน 1.1 อธิบายหลักการทำงานของเครื่องจักรสำหรับงานขุด 1.2 อธิบายหลักการทำงานของเครื่องจักรสำหรับงานเคลื่อนย้ายดิน 1.3 อธิบายหลักการทำงานของเครื่องจักรในการบดอัด 2. เข้าใจการทำงานของเครื่องจักรสำหรับงานคอนกรีต 2.1 อธิบายการทำงานของเครื่องชั่งส่วนผสมคอนกรีต 2.2 อธิบายการทำงานของเครื่องจักรผสมคอนกรีต 2.3 อธิบายการทำงานของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการขนส่งคอนกรีต 4. เข้าใจการทำงานของเครื่องจักรและเครื่องทุ่นแรงสำหรับงานยก	3 3 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

สัปดาห์	14-16	
เรื่อง	หน่วยที่ 6 เครื่องทุ่นแรงและการติดตั้ง	
	ตั้งและเคลื่อนย้าย 1.1 อธิบายประเภทของรถยกและอุปกรณ์ 1.2 อธิบายประเภทของกว้าน	
กิจกรรม	บรรยาย,อธิบาย,ทำแบบฝึกหัด	
สัปดาห์	17	จำนวน(คาบ)
เรื่อง	หน่วยที่ 7 เทคโนโลยีการก่อสร้างกับงานสถาปัตยกรรม	3
เนื้อหา / จุดประสงค์การเรียนรู้	1. เข้าใจรูปแบบงานสถาปัตยกรรมที่เกิดจากเทคโนโลยีการก่อสร้าง 1.1 อธิบายงานสถาปัตยกรรมในอดีตที่เกิดขึ้นจากเทคโนโลยีการก่อสร้างในยุคนั้น 1.2 สามารถอธิบายการเลือกระบบโครงสร้างให้เหมาะสมกับงาน รู้ผลกระทบจากระบบโครงสร้าง 1.3 บอกผลกระทบจากระบบโครงสร้างจากความต้องการทางสถาปัตยกรรม	3
กิจกรรม	บรรยาย,อธิบาย,ทำแบบฝึกหัด	
สัปดาห์	18	จำนวน(คาบ)
เรื่อง	สอบกลางภาคหน่วยที่ 4 (4.1) – หน่วยที่ 7	3

เวลาที่ใช้เรียนวิชา เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ภาคเรียนที่ 2 ชั้นปีที่ 2 สาขาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ใช้เวลาศึกษา 54 คาบเรียนตลอด 18 สัปดาห์ (เนื้อหาในรายวิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้างดูที่ภาคผนวก ข.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

วงการศึกษาเริ่มมีการใช้คอมพิวเตอร์เป็นครั้งแรกในระยะปลายทศวรรษที่ 1950s ซึ่งในขณะนั้นมหาวิทยาลัยใหญ่หลายแห่งในสหรัฐอเมริกา ได้นำคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานด้านบริหาร เช่น ด้านการบัญชีและการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียน ขณะเดียวกันก็มีผู้นำคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานเกี่ยวกับการวิจัยการเรียนการสอน การวิจัยทางด้านนี้เรื่องหนึ่งได้แก่ โครงการเพลโต (Plato) มหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ ซึ่งเริ่มในปี ค.ศ. 1960 โดยมีวัตถุประสงค์ในการออกแบบการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน การใช้คอมพิวเตอร์ในวงการศึกษา ได้มีการคิดค้นปรับปรุงเรื่อยมาจนกระทั่งในต้นทศวรรษที่1970sโครงการเพลโตจึงได้นำ PLATO IV ซึ่งเป็น Timeshared Instruction System มาใช้ โดยเป็นระบบการใช้คอมพิวเตอร์ร่วมกันโดยมีศูนย์กลางใหญ่เก็บข้อมูลไว้ และมีสาขา (Terminals) แยกออกมากมาย เพื่อให้ผู้เรียนแต่ละคนได้ใช้คอมพิวเตอร์ นอกจากเพลโตแล้วยังมีการใช้ในระบบต่างๆ เช่น IBM และ TICCIT ซึ่งแพร่หลายขยายตัวออกไปอย่างรวดเร็ว ในกลางทศวรรษที่ 1970s ได้มีบริษัทคอมพิวเตอร์ 3 บริษัทพยายามคิดค้นประดิษฐ์เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขึ้นและประสบผลสำเร็จในปี ค.ศ.1977นับเป็นการนำไปสู่การปฏิวัติในการใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในวงการศึกษา สถาบันการศึกษาในระดับโรงเรียนทั้งระดับประถม มัธยม และมหาวิทยาลัยก็ได้มีการนำไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้กันอย่างกว้างขวาง (Alessi and Trollip.1985 : 47-50)

แนวความคิดในการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ (สบสันติ์ อุตกฤษฎ์. 2535 : 9)

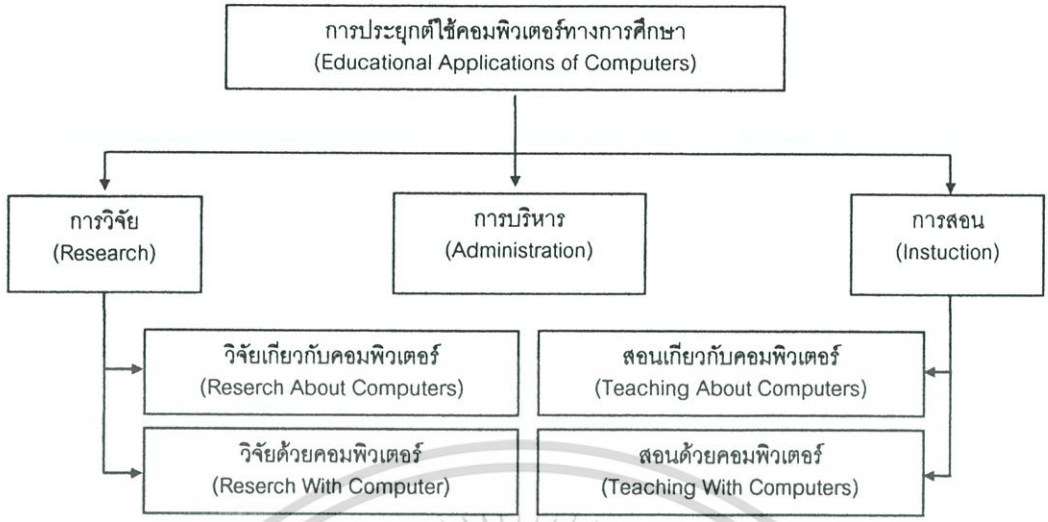
1. คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือสำหรับการบริหาร (Computer As a Tool For Management)
2. คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือสำหรับการสอน (Computer As a Tool For Teaching)
3. คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือสำหรับผู้ที่เรียนรู้ (Computer As a Tool For The Learner)

เมื่อพิจารณาถึงงานในการศึกษาที่นักศึกษาจะนำคอมพิวเตอร์มาใช้งานอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะงาน ดังนี้

1. งานวิจัย
2. งานบริหาร
3. งานการเรียนการสอน

ซึ่งมีรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แสดงการใช้งานทั่วๆ ไปของคอมพิวเตอร์

ในสถาบันการศึกษาได้นำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อช่วยงานในการศึกษา (Computer-Based Education,CBE) คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะดังนี้

1. คอมพิวเตอร์จัดการสอน (Computer - Managed Instruction : CMI)
2. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer – Assisted Instruction : CAI)

1. **คอมพิวเตอร์จัดการสอน**

ในการจัดการเรียนการสอนนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนจะต้องมีการวิเคราะห์ลักษณะและความต้องการของผู้เรียนแต่ละคนเพื่อจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมแก่ผู้เรียน การใช้คอมพิวเตอร์จัดการสอนจะช่วยให้ผู้สอนสามารถแก้ปัญหาในเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคลได้โดยการจัดโปรแกรมการเรียนให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ตามความสามารถและความถนัดของตน เป็นการจัดการศึกษารายบุคคลโดยใช้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ในรูปแบบต่าง ๆ กัน หรืออาจเป็นการใช้คอมพิวเตอร์ร่วมกับสื่อประเภทอื่นๆ เพื่อการเรียนรู้ให้ครบตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนที่ตั้งไว้ ดังเช่นการใช้คอมพิวเตอร์จัดการสอนในโครงการเพลโต ซึ่งมีการใช้คอมพิวเตอร์จัดการสอนเพื่อใช้กับผู้เรียน โดยเป็นการใช้ที่เสมือนหนึ่งผู้สอนสอนอยู่ในห้องเรียน และผู้สอนกับผู้เรียนมีปติสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน บทเรียนจะเริ่มต้นโดยการทดสอบผ์เรียนว่ามีความสามารถตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้แล้วหรือไม่ ถ้ามีความชำนาญในเรื่องนั้นแล้วก็ให้เรียนในบทต่อไป แต่ถ้ายังมีความรู้ไม่พอก็ต้องเรียนบทนั้นโดยเลือกใช้สื่อที่เหมาะสมและครอบคลุม

วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ หลังจากนั้นจะมีการทดสอบเพื่อดูดว่าผู้เรียนสามารถเรียนได้พอสมควร ถึงแม้ว่าในระยะเวลาที่ผ่านมาจะได้มีการพัฒนาทางด้านนี้และมีระบบจัดการสอนหลายระบบนำออมาใช้ก็ตาม เช่น ระบบ TICCIT ของมหาวิทยาลัยบริกแฮมยัง และระบบ TIPS ของมหาวิทยาลัย

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิสคอนซินก็ตาม แต่ก็ยังไม่ได้ผลเท่าที่ควรเนื่องจากสถาบันการศึกษาที่นำระบบคอมพิวเตอร์จัดการสอนไปใช้นั้นต่างก็มีสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน จึงทำให้ตัวแปรในการทำงานของแต่ละระบบแตกต่างกันไปด้วย (Allessi and Trollip 1985 : 50 ; Seiler, Schuelke, and Lieb-Brilhart 1984 : 180; Heinich, and Others 1989 : 366 – 367)

2. **คอมพิวเตอร์ช่วยสอน**

ได้มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งนิยมใช้ตัวย่อว่า CAI ไว้ดังนี้

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง กลวิธีการสอนที่เน้นให้มีการกระทำระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และความทรงจำ (สุพิทย์ กาญจพันธ์. 2541 : 52)

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง บทเรียนที่ได้จัดทำไว้อย่างเป็นระบบเพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์ โดยการนำเสนอเนื้อหาที่ต้องการสอนกับผู้เรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ (Interaction) โดยตรงตามความสามารถ (กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์. 2538 : 52)

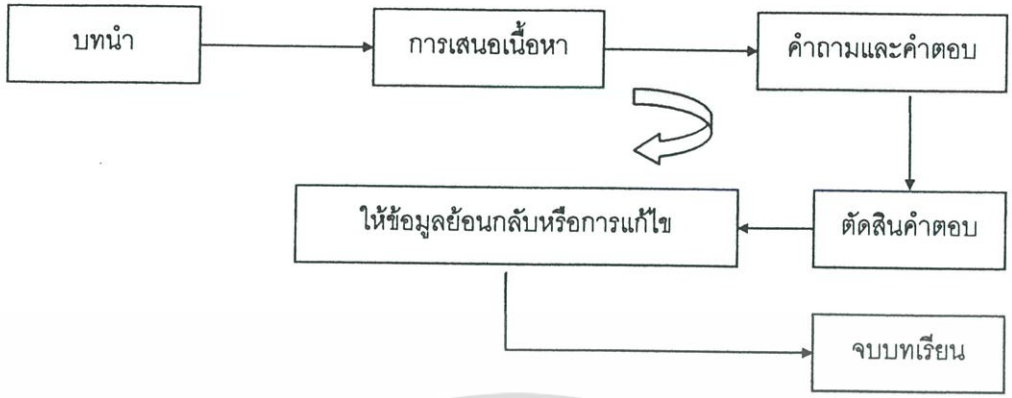
คอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ การใช้คอมพิวเตอร์ในการสอนรายบุคคล โดยใช้โปรแกรมที่ดำเนินการสอนภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความก้าวหน้าตามอัตราของตนเอง เป็นการสอนที่ตอบสนองความต้องการของผู้เรียนแต่ละคน (Spencer. 1980 : 33)

2.3.1 **ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน**

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นสื่อการสอนที่เป็นเทคโนโลยีระดับสูง เมื่อมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะทำให้การเรียนการสอนมีปฏิสัมพันธ์กันได้ในระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่นเดียวกับการเรียนการสอนระหว่างครูกับนักเรียนที่อยู่ในห้องเรียนตามปกติ นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ยังมีความสามารถในการตอบสนองต่อข้อมูลที่ผู้เรียนป้อนเข้าไปได้ในทันที ซึ่งเป็นการช่วยเสริมแรงให้แก่ผู้เรียน การใช้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถจำแนกรูปแบบต่างๆ ได้ ดังนี้ (กิดานันท์ มะลิทอง. 2535 : 187 – 191)

1. การสอน (Tutorial Instruction) บทเรียนในแบบการสอนจะเป็นโปรแกรมที่เสนอเนื้อหาความรู้เป็นเนื้อหาย่อยๆ แก่ผู้เรียนในรูปแบบของข้อความ ภาพ เสียง หรือทุกรูปแบบรวมกัน แล้วให้ผู้เรียนตอบคำถาม เมื่อผู้เรียนให้คำตอบแล้วคำตอบนั้นจะได้รับการวิเคราะห์เพื่อให้ข้อมูลย้อนกลับทันที แต่ถ้าผู้เรียนตอบคำถามนั้นซ้ำและยังผิดอีกก็จะมีการให้เนื้อหาเพื่อทบทวนใหม่จนกว่าผู้เรียนจะตอบถูก แล้วจึงให้ตัดสินใจว่าจะยังคงเรียนเนื้อหาในบทนั้นอีกหรือจะเรียนในบทใหม่ต่อไปดังในภาพที่ 2.2 บทเรียนในการสอนแบบนี้นับว่าเป็นบทเรียนขั้นพื้นฐานของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เสนอบทเรียนในรูปแบบของบทเรียนโปรแกรมช่วยสอน โดยสามารถใช้สอนได้ในแทบทุกสาขาวิชา และเป็นบทเรียนที่เหมาะสมในการเสนอเนื้อหาข้อมูลที่เกี่ยวกับข้อเท็จจริง เพื่อการเรียนรู้ทางด้านกฎเกณฑ์หรือทางด้านวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ดัง ตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



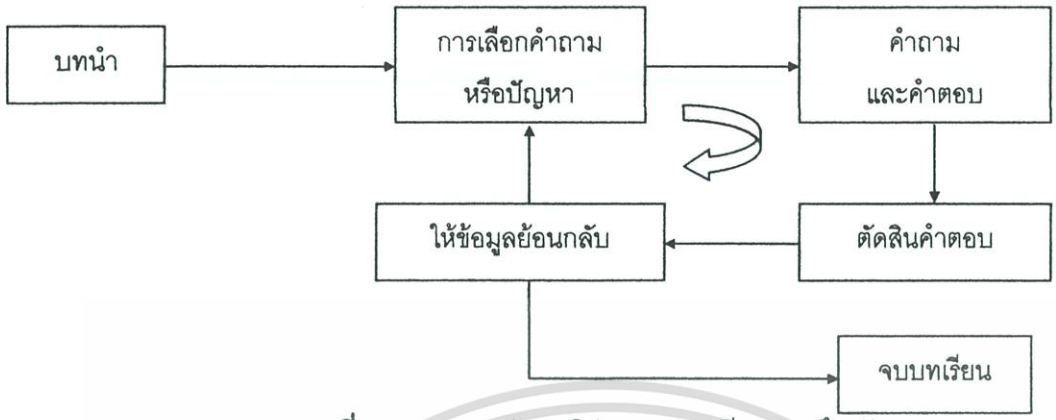
ภาพที่ 2.2 แสดงรูปแบบโปรแกรมบทเรียนเพื่อการสอน

ตารางที่ 2.2 แสดงการนำโปรแกรมบทเรียนเพื่อการสอนไปใช้งาน

รูปแบบ	ลักษณะ	บทบาทผู้สอน	บทบาทคอมพิวเตอร์	บทบาทผู้เรียน	การนำไปใช้
การสอน	- การเสนอข้อมูลใหม่ - สอนความคิดรวบยอดและกฎเกณฑ์ต่างๆ - ให้การทบทวนเนื้อหา	- เลือกเนื้อหาบทเรียน - ดัดแปลงการสอนให้เหมาะสม - เป็นผู้ทบทวน	- เสนอข้อมูล - ตั้งปัญหา - ตรวจคำตอบ - ให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการแก้ไข - สรุปจุดสำคัญของเนื้อหา - บันทึกการเรียน	- ตอบสนองต่อเครื่อง - ดูผลลัพธ์ - ตอบคำถาม - ถามคำถาม	- อบรมเจ้าหน้าที่ธุรการ / พนักงานธนาคาร - การสอนวิทยาศาสตร์ - การวิเคราะห์ทางการแพทย์ - ศึกษาในใบเบิล

2. การฝึกหัด (Drills and Practice) บทเรียนในการฝึกหัดเป็นโปรแกรมที่ไม่มีการเสนอเนื้อหาความรู้แก่ผู้เรียนก่อน แต่จะมีการให้คำถามหรือปัญหาที่ได้คัดเลือกมาจากการสุ่มหรือออกแบบมาโดยเฉพาะ โดยการนำเสนอคำถามหรือปัญหานั้นซ้ำแล้วซ้ำเล่าเพื่อ ให้ผู้เรียนตอบแล้วมีการใช้คำตอบที่ถูกต้องเพื่อการตรวจสอบยืนยัน หรือแก้ไขและพร้อมกับให้คำถามหรือปัญหาต่อไปจนกว่าผู้เรียนจะสามารถตอบคำถามหรือแก้ปัญหานั้นจนถึงระดับเป็นที่น่าพอใจดังภาพที่ 2.3 ดังนั้นในการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการฝึกหัดนี้ ผู้เรียนจึงจำเป็นต้องมีความคิดรวบยอด และมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องราวและกฎเกณฑ์เกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ เป็นอย่างดีมาก่อน แล้วจึงจะสามารถตอบคำถามหรือแก้ปัญหาได้ โปรแกรมบทเรียนในการฝึกหัดนี้จะสามารถใช้ได้ในหลายสาขาวิชาทั้งทางด้านคณิตศาสตร์ ภูมิศาสตร์ วิทยาศาสตร์ การเรียนคำศัพท์และการแปลภาษา เป็นต้น ดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 แสดงรูปแบบโปรแกรมบทเรียนการฝึกหัด

ตารางที่ 2.3 แสดงการนำโปรแกรมบทเรียนการฝึกหัดไปใช้งาน

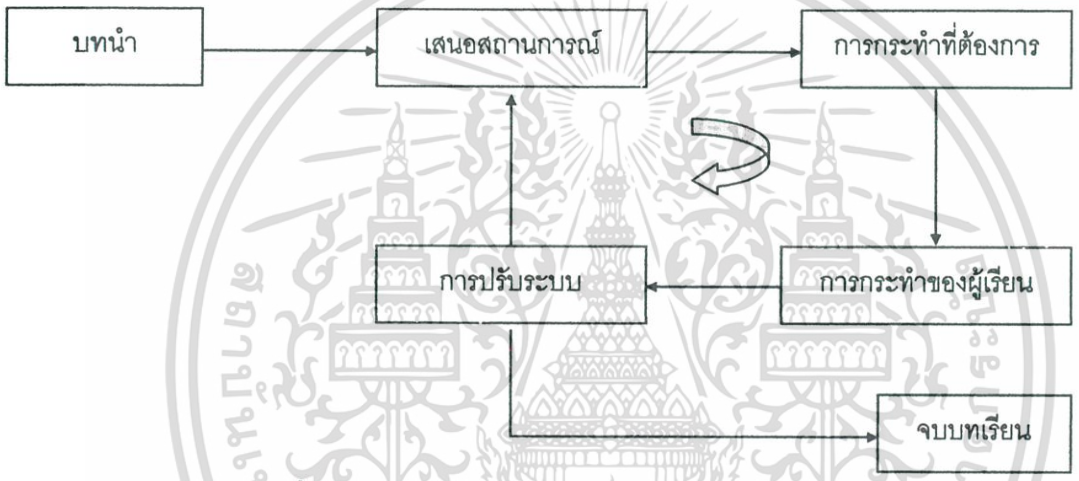
รูปแบบ	ลักษณะ	บทบาท ผู้สอน	บทบาท คอมพิวเตอร์	บทบาท ผู้เรียน	การนำ ไปใช้
การฝึกหัด	- ผู้เรียนต้องทราบเนื้อหามาก่อนอย่างดี - ทบทวนคำศัพท์และข้อเท็จจริงต่างๆ - ให้คำถามมากมายในรูปแบบต่างๆ - ให้คำถาม / คำตอบซ้ำไปมาถ้าจำเป็น	- ทบทวนเนื้อหาจากที่สอนไปแล้ว - เลือกคำถามตามเนื้อหา - เลือกการฝึกหัดให้เหมาะสมกับผู้เรียน - ตรวจดูความก้าวหน้าผู้เรียน	- เสนอคำถาม - ประเมินคำตอบของผู้เรียน - ให้ข้อมูลย้อนกลับทันที - บันทึกความก้าวหน้าของผู้เรียน	- ต้องทบทวนเนื้อหามาก่อน - ตอบคำถาม - รับการยืนยันคำตอบ และหรือ การแก้ไข - เลือกเนื้อหาและระดับความยากง่ายเพื่อฝึกหัดต่อไป	- เติมคำศัพท์ให้สมบูรณ์ - การคิดเลขการฝึกทางบัญชี

3. สถานการณ์จำลอง (Simulation) การสร้างโปรแกรมบทเรียนที่เป็นสถานการณ์จำลองเพื่อใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งจำลองความเป็นจริงโดยตัดรายละเอียดต่างๆ หรือนำกิจกรรมที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาให้ผู้เรียนได้ศึกษานั้น เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พบเห็นภาพจำลองของเหตุการณ์ เพื่อการฝึกทักษาและการเรียนรู้ได้โดยไม่ต้อเสี่ยงภัย หรือเสียค่าใช้จ่ายมากนัก รูปแบบของโปรแกรมบทเรียนสถานการณ์จำลองอาจจะประกอบด้วยการเสนอความรู้ข้อมูล การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับทักษะ การฝึกปฏิบัติเพื่อเพิ่มพูนความชำนาญและความคล่องแคล่ว และการให้เข้าถึงซึ่งการเรียนรู้ต่างๆดังภาพที่ 2.4 ในบทเรียนจะประกอบด้วยสิ่งทั้งหมดเหล่านี้หรือมีเพียงอย่างหนึ่งอย่างใดก็ได้ ในโปรแกรมบทเรียนสถานการณ์จำลองนี้จะมีโปรแกรมบทเรียนย่อยแทรกอยู่ด้วย ได้แก่โปแกรมการสาธิต (Demonstration) โปรแกรมนี้มิใช่เป็นการสอนเหมือนกับโปรแกรมการสาธิตเป็นเพียงการแสดงให้ผู้เรียนได้ชมเท่านั้น เช่นในการเสนอสถานการณ์จำลองของระบบสุริยจักรวาลว่าดาวนพเคราะห์อะไรบ้างที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ ในโปรแกรมนี้อาจมีการสาธิตแสดงการหมุนรอบตัวเองของดาวนพเคราะห์เหล่านั้นและการหมุนรอบดวงอาทิตย์ให้ชมด้วยดังนี้ เป็นต้น ดังตารางที่ 2.4



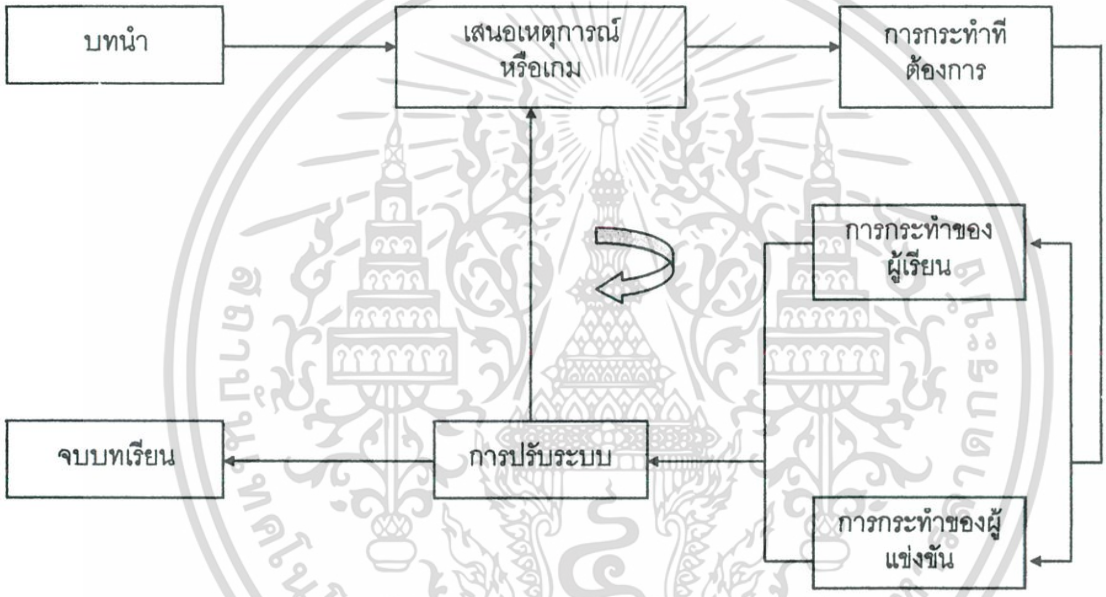
ภาพที่ 2.4 แสดงรูปแบบโปรแกรมบทเรียนสถานการณ์จำลอง

ตารางที่ 2.4 แสดงการนำโปรแกรมบทเรียนสถานการณ์จำลองไปใช้งาน

รูปแบบ	ลักษณะ	บทบาท ผู้สอน	บทบาท คอมพิวเตอร์	บทบาท ผู้เรียน	การนำ ไปใช้
สถานการณ์ จำลอง	- สร้างสถาน การณ์ที่เหมือน ชีวิตจริง - มีแบบจำลองที่ ขึ้นกับความเป็น จริง - ใช้กับผู้เรียน รายบุคคลหรือ กลุ่มย่อ	- แนะนำเรื่องราว ของสถานการณ์ - เสนอภูมิหลังของ เรื่อง - ให้คำแนะนำย่อๆ	- แสดงบทบาท - ส่งผลการ ตัดสินใจของ ผู้เรียน - ให้สถานการณ์ และข้อมูล	- ฝึกการตัดสินใจ - สร้างทางเลือก - รับผลของการ ตัดสินใจ - ประเมินผลการ ตัดสินใจ	- การซ่อมอุปกรณ์ - การวินิจฉัยโรค - การทดลองใน ห้องปฏิบัติการ - การจัดการธุรกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
60829

4. เกมเพื่อการสอน (Instructional Games) การใช้เกมเพื่อการเรียนการสอน กำลังเป็นที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากเป็นสิ่งที่สามารถกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความอยากเรียนรู้ได้โดยง่าย เราสามารถใช้เกมในการสอนและเป็นสื่อที่จะให้ความรู้แก่ผู้เรียนได้ เช่นกันในเรื่องของกฎเกณฑ์ แบบแผนของระบบ กระบวนการทัศนคติ ตลอดจนทักษะต่างๆ นอกจากนี้การใช้เกมยังช่วยเพิ่มบรรยากาศในการเรียนรู้ให้ดีขึ้น และช่วยมิให้ผู้เรียนเกิดอาการเหม่อลอยหรือฝันกลางวันซึ่งเป็นอุปสรรคในการเรียนเนื่องจากมีการแข่งขันกันจึงทำให้ผู้เรียนต้องมีการตื่นตัวอยู่เสมอ รูปแบบโปรแกรมบทเรียนของเกมเพื่อการสอน ดังในภาพที่ 2.5 คล้ายคลึงกันกับโปรแกรมบทเรียนสถานการณ์จำลอง แต่แตกต่างกันโดยการเพิ่มบทบาทของผู้แข่งขันเข้าไปด้วย ดังตารางที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แสดงรูปแบบโปรแกรมบทเรียนเกมเพื่อการสอน

ตารางที่ 2.5 แสดงการนำโปรแกรมบทเรียนเกมเพื่อการสอนไปใช้งาน

รูปแบบ	ลักษณะ	บทบาท ผู้สอน	บทบาท คอมพิวเตอร์	บทบาท ผู้เรียน	การนำ ไปใช้
เกม	- การแข่งขัน - ฝึกปฏิบัติในรูปแบบของการให้สิ่งเร้า - ใช้กับผู้เรียนรายบุคคลหรือกลุ่มย่อย	- ตั้งกฎเกณฑ์ / ข้อจำกัด - ควบคุมกระบวนการ - ตรวจสอบผลลัพธ์	- เป็นเครื่องช่วยในการ - ร่วมแข่งขัน - เป็นกรรมการตัดสิน - เป็นผู้เก็บคะแนน	- เรียนรู้ข้อเท็จจริง / วิธีการ / ทักษะ - ประเมินทางเลือก - แข่งขันกับเครื่อง	- เกมการนับ - เกมหัดสะกดคำ - พิมพ์ดีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การค้นพบ (Discovery) การค้นพบเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากประสบการณ์ของตนเองให้มากที่สุด โดยการเสนอปัญหาให้ผู้เรียนแก้ไขด้วยการลองผิดลองถูกหรือโดยวิธีการจัดระบบเข้ามาช่วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะให้ข้อมูลแก่ผู้เรียนเพื่อช่วยในการค้นพบนั้นจนกว่าจะได้ข้อสรุปที่ดีที่สุด ตัวอย่างเช่น นักขายที่มีความสนใจจะขายสินค้าเพื่อเอาชนะคู่แข่ง โปรแกรมจะจัดให้มีสินค้ามากมายหลายประเภทเพื่อให้นักขายทดลองจัดแสดงเพื่อดึงดูดความสนใจของลูกค้า และเลือกวิธีการดูว่าจะขายสินค้าประเภทใดด้วยวิธีการใด จึงจะทำให้ลูกค้าซื้อสินค้าของตนเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปว่า ควรจะมีวิธีการขายอย่างไรที่จะสามารถเอาชนะคู่แข่งได้ ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงการนำโปรแกรมบทเรียนแบบการค้นพบไปใช้งาน

รูปแบบ	ลักษณะ	บทบาท ผู้สอน	บทบาท คอมพิวเตอร์	บทบาท ผู้เรียน	การนำ ไปใช้
การค้นพบ	- นำเข้าสู่ฐานข้อมูล - ใช้วิธีอุปมาน - ฝึกลองผิดลองถูก - ทดสอบสมมติฐาน	- เสนอปัญหา - ตรวจสอบความก้าวหน้าของผู้เรียน	- เสนอสารสนเทศ - เก็บข้อมูล - ให้วิธีการค้นพบ	- ตั้งสมมติฐาน - ทดลองวิธีการที่คิดขึ้น - พัฒนากฎเกณฑ์ข้อบังคับ	- สังคมศาสตร์ - วิทยาศาสตร์

6. การแก้ปัญหา (Problem – Solving) เป็นการให้ผู้เรียนฝึกการคิด การตัดสินใจ โดยมีการกำหนดเกณฑ์ให้แล้วให้ผู้เรียนพิจารณาไปตามเกณฑ์นั้น โปรแกรมเพื่อการแก้ปัญหาแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ โปรแกรมที่ให้ผู้เรียนเขียนเอง และโปรแกรมที่มีผู้เขียนไว้แล้วเพื่อช่วยผู้เรียนในการแก้ปัญหา ถ้าเป็นโปรแกรมที่ผู้เรียนเขียนเองผู้เรียนจะเป็นผู้กำหนดปัญหา และเขียนโปรแกรมสำหรับแก้ปัญหานั้น โดยที่คอมพิวเตอร์จะช่วยในการคิดคำนวณและหาคำตอบที่ถูกต้องให้ ในกรณีนี้คอมพิวเตอร์จึงเป็นเครื่องช่วยเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุถึงทักษะของการแก้ไขปัญหา โดยการคำนวณข้อมูลและจัดการสิ่งที่ยุ่งยากซับซ้อนให้ แต่ถ้าเป็นการแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรมที่มีผู้เขียนไว้แล้ว คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณในขณะที่ผู้เรียนเป็นผู้จัดการกับปัญหาเหล่านั้นเอง เช่น ในการหาพื้นที่ของที่ดินแปลงหนึ่ง ปัญหามิได้อยู่ที่ว่าผู้เรียนจะคำนวณหาพื้นที่ได้เท่าไร แต่ขึ้นอยู่กับว่าจะจัดการหาพื้นที่ได้อย่างไรเสียก่อน ดังนี้เป็นต้น ดังตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงการนำโปรแกรมบทเรียนแบบการแก้ปัญหาไปใช้งาน

รูปแบบ	ลักษณะ	บทบาท ผู้สอน	บทบาท คอมพิวเตอร์	บทบาท ผู้เรียน	การนำ ไปใช้
การแก้ปัญหา	- การทำงานกับข้อมูล - จัดระเบียบสารสนเทศ - แสดงการคำนวณอย่างรวดเร็วและถูกต้อง	- ตั้งปัญหา - ตรวจสอบผลลัพธ์	- เสนอปัญหา - จัดข้อมูล - เสนอฐานข้อมูล - ให้ผลย้อนกลับ	- จำกัดความของปัญหา - คิดวิธีแก้ปัญหา - จัดการกับตัวแปรต่างๆ - ลองผิดลองถูก	- ด้านธุรกิจ - การสร้างสรรค์ - คณิตศาสตร์ - การแก้ไขต่างๆ

การทดสอบ(Tests) การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการทดสอบ มิใช่เป็นการใช้เพียงเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแบบทดสอบเพื่อวัดความรู้ของผู้เรียนเท่านั้น แต่ยังช่วยให้ผู้สอนมีความรู้ลึกที่เป็นอิสระจากการผูกมัดทางด้านกฎเกณฑ์ต่างๆ เกี่ยวกับทดสอบได้อีกด้วย เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะสามารถช่วยเปลี่ยนแปลงการทดสอบจากแบบแผนเก่าๆ ของปรนัยหรือคำถามจากบทเรียนมาเป็นการทดสอบแบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้เรียนหรือผู้ที่ได้รับการทดสอบซึ่งเป็นที่น่าสนุกและน่าสนใจกว่า พร้อมกันนั้นก็อาจเป็นการสะท้อนถึงความสามารถของผู้เรียนที่จะนำความรู้ต่างๆ มาใช้ในการตอบได้อีกด้วย

การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการทดสอบ แบ่งออกเป็นวิธีใหญ่ๆ ได้ 2 วิธี คือ (**ศิริพร** เหล่าเมือง และคณะ.2541: 90-91)

1. ช่วยในการจัดสร้างแบบทดสอบ
2. ช่วยในการดำเนินการสอบ

การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดสร้างแบบทดสอบมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอน เพราะคอมพิวเตอร์สามารถช่วยสร้างข้อสอบ เลือกข้อสอบ พิมพ์ข้อสอบ และตรวจให้คะแนนผลการสอบในปัจจุบันมีการต่อเชื่อมเครือข่ายคอมพิวเตอร์ดำเนินการสอบ ยิ่งทำให้ระบบการทดสอบสะดวกและทราบผลเร็วขึ้น ยิ่งกว่านั้นหากระบบการทดสอบได้รับการพัฒนา จนสามารถนำทั้งวิธีมาใช้ด้วยกันแล้วจะทำให้ผลการทดสอบมีประสิทธิภาพและประหยัดเวลาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดสร้างข้อสอบ

ข้อดี

ก. ช่วยจัดสร้างข้อสอบให้มีหลายรูปแบบ

- เรียงลำดับข้อสอบโดยวิธีสุ่ม คือคำถามชุดเดียวกันแต่ลำดับต่างกัน

- สุ่มจากธนาคารข้อสอบ ผู้สอบได้คำถามที่ต่างกัน

ข. ช่วยจัดสร้างข้อคำถามที่มีเนื้อหาเดียวกันแต่มีตัวเลขสำหรับการคำนวณที่ต่างกัน Terminal รูปแบบเหมือนกันแต่ตัวเลขคำนวณต่างกัน เช่น ทางด้านการคำนวณ

ค. สามารถแบ่งเป็นข้อสอบที่ช่วยกันสร้างขึ้นจากโปรแกรมต่าง ๆ ทำให้มีข้อสอบจำนวนมากและครอบคลุมเนื้อหาโดยการจัดตั้งศูนย์กลางรวมเป็นธนาคารข้อสอบและทุกโรงเรียนตั้งเครื่องพ่วงเป็นสถานีทำงาน (Terminal) เรียกใช้ข้อสอบและพิมพ์ออกในโรงเรียนของตนได้

ข้อเสีย

ไม่ได้มาจากการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ แต่มาจากการใช้ผิดหรือใช้ไม่เป็นทำให้ได้ข้อสอบที่ขาดคุณภาพ (ข้อสอบที่ไม่ผ่านการวิเคราะห์) การเรียนโดยใช้ข้อสอบจากศูนย์กลางทั้งมีความอิสระและสะดวกนั้นอาจทำให้ข้อสอบรั่วได้

2. การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการดำเนินการสอบ

ข้อดี

ก. สามารถจัดให้เหมาะสมกับรายบุคคล

ข. ให้แต่ละคนสอบในเวลาต่างกันได้ เมื่อพร้อม (หรือจบหัวข้อนั้น) นั่นคือทุกคนไม่จำกัดเวลาในการเรียนจบพร้อมกัน

ค. จัดให้แต่ละคนตอบแบบสอบถามที่ต่างกัน

ง. มีประโยชน์ต่อผู้สอนในการวิเคราะห์คำถามถูก หรือผิดของผู้เรียนเพื่อใช้ปรับปรุงข้อสอบ (ในเนื้อหา เวลา รูปแบบ ทดสอบ) วิธีสอบและวิธีการเรียนของผู้เรียน

ข้อเสีย

ก. รูปแบบของข้อสอบจำกัดให้ใช้แบบเลือกตอบหรือแบบเติมความสั้นๆ เพราะฉะนั้นข้อสอบแบบปลายเปิดหรือแสดงความคิดเห็นตรวจได้ยากโดยใช้คอมพิวเตอร์

ข. จำเป็นต้องมีสถานีทำงานมากและเตรียมแก้ปัญหาเวลาไฟดับ

ค. การที่ผู้เรียนสอบต่างเวลากัน อาจก่อให้เกิดการยุ่งยากแก่ผู้ดูแลห้องคอมพิวเตอร์และยังอาจเกิดการโกง

ง. แบบทดสอบที่ไม่ดีหรือไม่เหมาะสมก่อให้เกิดความกังวลใจแก่ผู้เรียนได้ทำ คะแนนที่ได้จึงไม่ใช่คะแนนที่แท้จริงในการวัดความรู้ของผู้เรียน

เนื่องจากในปัจจุบันประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์สูงมากขึ้น สามารถใช้ร่วมกับสื่ออื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้หลายอย่าง เช่น VDO เครื่องเสียง TV. สามารถพิมพ์ภาษาไทยได้สร้างภาพกราฟฟิก และภาพเคลื่อนไหวต่างๆ ได้ ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงถูกพัฒนาให้สามารถใช้กับอุปกรณ์แบบหลายสื่อ หรือ เรียกว่า "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย"

ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย จึงเป็นการพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนแบบเดิมซึ่งใช้ครู ตำรา และสื่อที่มีอยู่มาใช้บนเครื่องคอมพิวเตอร์แทน โดยการนำเสนอเนื้อหา วิธีการเรียนการสอน และการทดสอบประเมินผลเปลี่ยนแปลงไป ลักษณะเด่นของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีดังนี้ (ชัยวุฒิ จันมา. 2539 : 36-37)

1. นำเสนอเนื้อหาได้เร็วฉับไว แทนที่ผู้เรียนจะต้องเปิดหนังสือบทเรียนทีละหน้าก็กดแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์เพื่อเลือกบทเรียนแทน

2. คอมพิวเตอร์สามารถเสนอรูปภาพเคลื่อนไหวซึ่งมีประโยชน์มากในบทเรียนที่มีสีภาพที่สลับซับซ้อนหรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่ต้องการเน้น

3. มีเสียงประกอบได้ ทำให้เกิดความน่าสนใจ และเพิ่มศักยภาพทางด้านการเรียนภาษาได้อีกมาก

4. สามารถเก็บข้อมูลเนื้อหาได้มากกว่าหนังสือหลายเท่าเช่น CD-ROM1 แผ่นเก็บข้อมูลได้ 680 ล้านตัวอักษร ส่วนหนังสือหนา 300 หน้า มีตัวอักษรประมาณสามถึงสี่ตัวอักษร ดังนั้น CD-ROM หนึ่งแผ่นจะเก็บหนังสือได้ประมาณ 200 เล่ม

5. ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนอย่างแท้จริง กล่าวคือ มีการโต้ตอบระหว่างบทเรียนกับผู้เรียนได้ สิ่งนี้ทำให้ CAI สามารถควบคุมผู้เรียนหรือช่วยเหลือผู้เรียนได้มากในขณะที่การเรียนจากตำราไม่สามารถทำได้

6. CAI สามารถบันทึกผลการเรียน ประเมนผลการเรียน เรียนซ้ำหลายๆ ครั้งโดยไม่จำกัดและประเมินผลผู้เรียนได้

7. สามารถนำติดตัวไปเรียนในสถานที่ต่างๆ ที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลา และสถานที่ ต่างจากการเรียนในโรงเรียน ซึ่งต้องจำกัดวันเวลา

8. เหมาะสำหรับการเรียนการสอนผ่านการสื่อสาร เช่นการจัดการศึกษาทางไกล (Distance Learning) ผ่านทางดาวเทียมหรือการสื่อสารอย่างอื่น

การออกแบบและการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์หรือ CAI นั้น ต่างไปจากการใช้เทคนิควิธีการสอนแบบอื่นๆ เนื่องจากบทเรียนสามารถใช้ช่วยครูสอน และใช้สอนแทนครูหรือ ใช้ฝึกอบรมรายเฉพาะบุคคลได้ การเรียนและสอนเนื้อหาจากเครื่องและอุปกรณ์ทางคอมพิวเตอร์นั้นจำเป็นต้องละเอียดรอบคอบและสร้างความยืดหยุ่นให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้เพราะผู้เรียนจะต้องเผชิญกับผู้สอน ผู้ติว ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิตและจิตใจตลอดเวลาดังนั้น การออกแบบการสร้างบทเรียนจะมีความเกี่ยวข้องกับบุคคลหลายฝ่ายที่สำคัญจะต้องคำนึงถึงเรื่องต่อไปนี้

ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและเนื้อหา

บุคลากรด้านนี้จะเป็นผู้ที่มีความรู้ประสบการณ์ทางด้านการออกแบบหลักสูตร การพัฒนาหลักสูตร รวมความไปถึงการกำหนดเป้าหมายและทิศทางของหลักสูตร วัตถุประสงค์ ระดับการเรียนรู้ของผู้เรียน (Learner) ขอบข่ายของเนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน ขอบข่ายรายละเอียดคำอธิบายของเนื้อหาวิชา ตลอดจนวิธีการวัดและการประเมินผลของหลักสูตร บุคคลกลุ่มนี้จะเป็นผู้ที่สามารถให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษาได้เป็นอย่างดี เรียกว่าเป็น Resource Person ทางด้านหลักสูตร

2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน

บุคลากรกลุ่มนี้หมายถึง ผู้ที่ทำหน้าที่ในการเสนอในเนื้อหาวิชาใดวิชาหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญมีประสบการณ์ และมีความสำเร็จในด้านการเรียนการสอนมาเป็นอย่างดี เป็นต้นว่า มีความรู้ในเนื้อหาใดวิชาหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ความชำนาญ มีประสบการณ์และมีความสำเร็จในด้านการเรียนการสอนมาเป็นอย่างดี เป็นต้นว่า มีความรู้ในเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง สามารถจัดลำดับความยากง่าย ความสัมพันธ์และความต่อเนื่องของเนื้อหา รู้เทคนิควิธีการนำเสนอเนื้อหา หรือวิธีการสอนการออกแบบและสร้างบทเรียน ตลอดจนมีวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนมาเป็นอย่างดี บุคคลกลุ่มนี้จะเป็นผู้ที่ช่วยทำให้การออกแบบบทเรียนมีคุณภาพและมีประสิทธิภาพและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

3. ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อการเรียนการสอน

ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อการสอนจะช่วยทำหน้าที่ในการออกแบบและให้คำแนะนำปรึกษาทางด้านการวางแผนการออกแบบบทเรียน อันประกอบด้วยเรื่องการออกแบบและการจัด Layout การจัดวางรูปแบบการอกแบบหน้าจอ หรือเฟรมต่างๆ การเลือกและวิธีการใช้ตัวอักษร เส้นรูปทรงกราฟฟิก แผนภาพ แผนภูมิ รูปภาพ สี แสง เสียง การจัดทำรายงานและสื่อการสอนอื่นๆ ที่จะช่วยทำให้บทเรียนมีความสวยงามและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

4. ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการสร้างบทเรียน CAI ในที่นี้จะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ

1. การสร้างบทเรียน CAI ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูประบบนิพนธ์บทเรียน (Authoring system)

โปรแกรมระบบนี้จะถูกเขียนและพัฒนาขึ้นด้วยผู้ชำนาญการและผู้เชี่ยวชาญทางด้านการเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมโดยตรง ระบบนี้จึงออกแบบไว้สำหรับการสร้างแลการนำเสนอบทเรียน CAI โดยเฉพาะ ดังนั้นการใช้งานจึงง่ายและสะดวกต่อครูและผู้สอนที่ไม่มีทักษะทางด้านการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างและผลิตบทเรียน CAI สำหรับประเทศไทยเองได้มีการนำเข้า Authoring System เพื่อใช้ในการสร้างบทเรียน CAI โดยตรงเป็นรายแรกเมื่อประมาณ 10 ปีมาแล้ว

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชได้นำเข้าโปรแกรมชื่อ VITAL จากประเทศ Canada แต่การใช้งานไม่แพร่หลายเท่าที่ควร เนื่องจากปัญหาด้านลิขสิทธิ์และตัวโปรแกรมเอง ก็สร้างบทเรียน CAI ได้ค่อนข้างยาก ในปัจจุบันนี้ภายหลังที่ได้มีการพัฒนาระบบภาษาไทยภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ทำให้ตลาดกว้างไกลขึ้น ได้มีการนำเข้าโปรแกรม Authorware Professional,Ten CORE และอื่นๆ เพื่อนำมาใช้สร้างบทเรียน CAI นอกจากนี้ยังมีนักศึกษาและนักคอมพิวเตอร์ในประเทศไทยได้ทุ่มเทกำลังความสามารถผลิต Authoring System ฉบับไทยแท้ขึ้นมาเพื่อใช้สร้างบทเรียน CAI แต่คุณภาพการใช้งานก็สามารถทำได้ในระดับพื้นฐานเท่านั้น โปรแกรมเหล่านี้ได้แก่ Thaishow, Thaitas เป็นต้น

2. การสร้างบทเรียน CAI ด้วยภาษาคอมพิวเตอร์

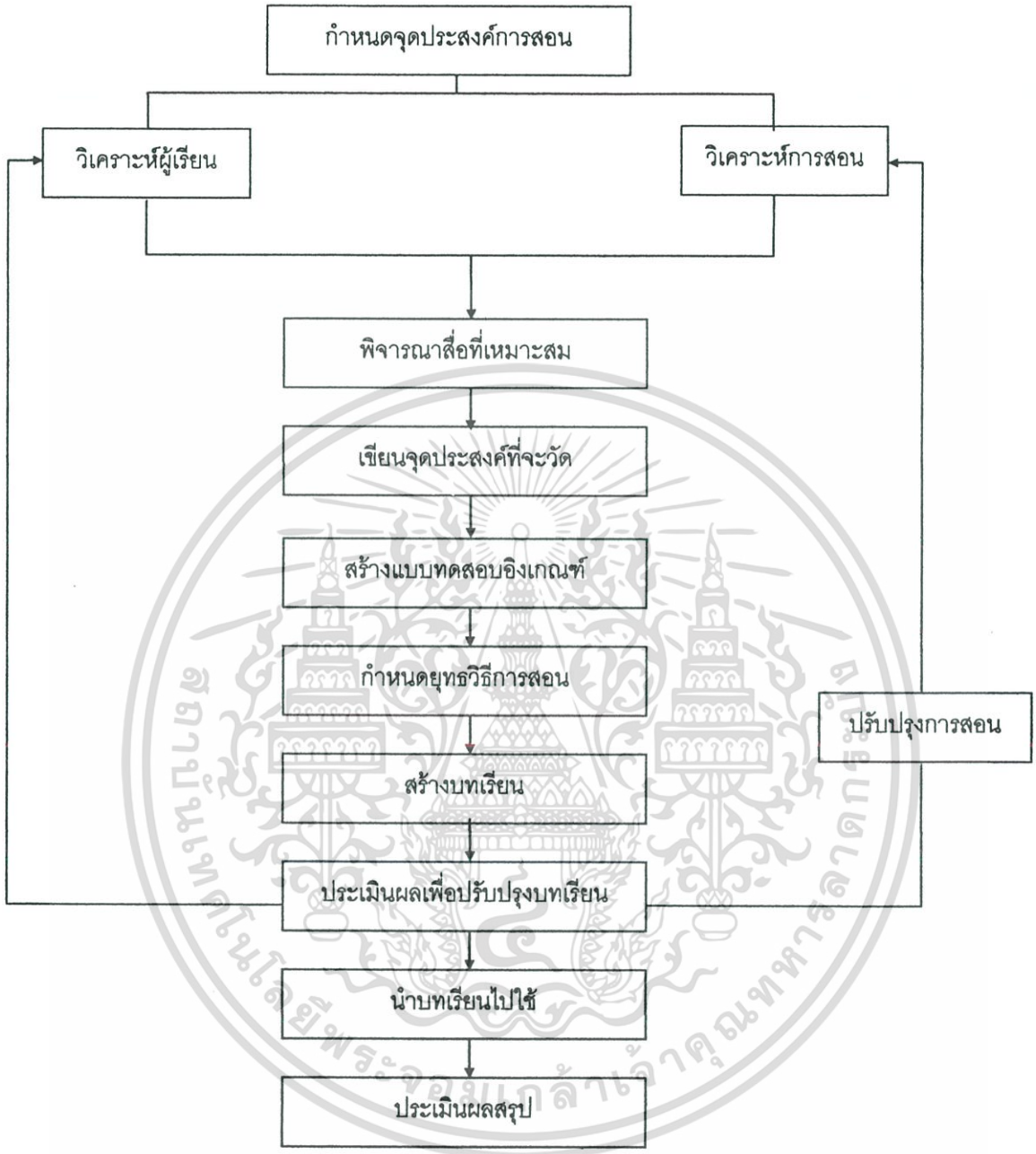
การใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ทั้งภาษาระดับสูงและภาษาระดับต่ำเช่นภาษาซี ภาษาปาสคาล ภาษาแอสเซมบลี และอื่นๆ สามารถใช้สร้างบทเรียน CAI ได้ ซึ่งการสร้างบทเรียน CAI ด้วยภาษาคอมพิวเตอร์นี้จะอยู่ในวงการของนักคอมพิวเตอร์เสียเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากการสร้างบทเรียนด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เขียนต้องอาศัยความชำนาญการ และประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรมเป็นอย่างมาก ดังนั้นระบบการสร้างบทเรียนวิธีนี้จึงอยู่ในหมู่ของผู้สอนและครูน้อยมาก การใช้ภาษาคอมพิวเตอร์สร้างบทเรียน CAI จะช่วยสนับสนุนรูปแบบของบทเรียน CAI ประเภทจำลองสถานการณ์ (Simulations) โดยตรง ทั้งนี้เนื่องจากภาษาคอมพิวเตอร์จะสนับสนุนคณิตศาสตร์ทุกระดับได้เป็นอย่างดีซึ่งจำเป็นต้องใช้ในบทเรียนดังกล่าว โดยที่ระบบนิพนธ์บทเรียนสำเร็จรูปจะไม่สามารถสนับสนุนฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ระดับสูงมากนัก จึงไม่สามารถใช้ได้

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ระบบมัลติมีเดียนั้น จำเป็นจะต้องผสมประสานกันระหว่างศาสตร์กับศิลป์ให้กลมกลืนกัน เพื่อให้บทเรียน CAI ที่นำเสนอต่อผู้เรียนน่าสนใจ น่าติดตาม และให้สาระแก่ผู้เรียนอย่างเต็มที่ ถึงแม้ว่าบทเรียน CAI จะมีประโยชน์มาก แต่ไม่ได้หมายความว่าบทเรียน CAI จะข้ามาแทนครู อาจารย์ผู้สอนได้ในทั้งหมด ระบบการเรียนการสอนยังต้องอาศัยครูอาจารย์อยู่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดียจึงเป็นเพียงสื่ออย่างหนึ่งที่จะช่วยให้การเรียนการสอนของครูอาจารย์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้นเท่านั้น

2.3.2 รูปแบบกระบวนการในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

Smith และ Boyce. (1984 : 6) เสนอรูปแบบของกระบวนการในการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยดัดแปลงจากรูปแบบ W. Dick และ L. Carey ดังภาพที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 แสดงรูปแบบกระบวนการในการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของ Smith และ Boyce (1984 : 6)

การกำหนดจุดประสงค์การสอน วิเคราะห์การสอน วิเคราะห์ผู้เรียน

ขั้นแรกสุดของรูปแบบนี้คือการกำหนดจุดประสงค์การสอน ซึ่งจะตอบคำถามที่ว่าจะสอนให้ผู้เรียนเกิดอะไรขึ้น ทำการแตกจุดประสงค์เหล่านั้นออกเป็นขั้นตอนการเรียนรู้เป็นขั้นๆ ตามลำดับ ต่อมาทำการวิเคราะห์การสอนและวิเคราะห์ผู้เรียน ด้านการวิเคราะห์ผู้เรียนนั้นควรพิจารณาเกี่ยวกับความคุ้นเคยในการใช้ คีย์บอร์ด และระดับความวิตกกังวลเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณาสื่อที่เหมาะสม

ในการพิจารณาสื่อที่เหมาะสมจะพิจารณาว่าในขั้นตอนต่าง ๆในลำดับการเรียนรู้นั้นมีขึ้นตอนใดบ้างที่เหมาะสมกับการสอนโดยอาศัยคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์ไม่ใช่สื่อการสอนที่เหมาะสมสำหรับทุกๆ เรื่อง เช่น ในการสอนวิธีเขียนเรียงความ จะมีทักษะบางอย่างที่สามารถสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้คอมพิวเตอร์ อย่างเช่นส่วนต่างๆ ของเรียงความ การจัดลำดับประโยคต่างๆ ในแต่ละตอน การใช้เครื่องหมายวรรคตอนๆ ไวยากรณ์ เป็นต้น แต่ในขั้นในผู้เรียนเขียนเจตคติก็เช่นกัน การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะพัฒนาด้านเหล่านี้ได้ยาก การสร้างโปรแกรมการสอนควรสร้างเฉพาะในเรื่องที่เหมาะสมเท่านั้น

การเขียนจุดประสงค์ที่จะวัดและการสร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์

กระบวนการทั้งสองนี้จะเหมือนกับกระบวนการในการพัฒนาสื่อการสอนชนิดอื่น ๆ สำหรับชนิดของข้อคำถามนั้นต้องเลือกเฉพาะชนิดที่เหมาะสม เช่นแบบถูก – ผิด แบบเลือกตอบ แบบจับคู่ แบบเติมคำเป็นต้น ส่วนแบบอัตนัยโดยทั่วไปยังไม่สามารถตรวจให้คะแนนโดยใช้คอมพิวเตอร์ได้ ดังนั้นจึงไม่สร้างข้อทดสอบประเภทนี้การกำหนดยุทธวิธีการสอน

ยุทธวิธีของการสอนที่ใช้มากที่สุดสำหรับ CAI ได้แก่ การฝึกและปฏิบัติ การจำลองสถานการณ์ การสอนแบบติว การใช้เกม และการโต้ตอบ / สืบสวนของโสเคตทีส ซึ่งผู้สร้าง CAI อาจเลือกวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือหลายวิธีประกอบกันตามความเหมาะสมการสร้างบทเรียน

ขั้นตอนนี้มีความสำคัญมาก และเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้เวลามากที่สุด ในการสร้างบทเรียนควรพิจารณาเลือกโครงสร้างการออกแบบบทเรียน และเทคนิคในการอกแบบที่เหมาะสม การประเมินผลเพื่อปรับปรุงบทเรียน

จากการดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ที่กล่าวมาก็จะได้บทเรียนที่ร่างเรียบร้อยในรูปของกรอบ (Frame) หรือฉาก (Mapping Screen) พร้อมที่จะไปเขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นต่อมาก็คือการประเมินผลเพื่อปรับปรุงบทเรียน ซึ่งจะช่วยให้ข้อมูลว่าบทเรียนที่สร้างขึ้นนั้นมีการจัดลำดับอย่างเหมาะสมหรือไม่ ตัวอย่างในบทเรียนช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเพิ่มขึ้นหรือไม่ ภาษาที่ใช้ชัดเจนหรือไม่ จุดเด่นของคอมพิวเตอร์ คือ สามารถเก็บข้อมูลต่างๆ ของผู้เรียน อาทิเช่น ผู้เรียนตอบคำถามได้ถูกต้องกี่คำถามในขณะทดสอบก่อนเรียนระหว่างเรียน และหลังเรียน ในแต่ละข้อผู้เรียนตอบผิดกี่ครั้ง ผู้เรียนใช้เวลาเรียนนานเท่าใด เป็นต้น การเก็บข้อมูลลักษณะนี้ไว้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำมาพิจารณาปรับปรุงบทเรียน

Golas (1983 : 27-28) เสนอแนะวิธีประเมินผลเพื่อปรับปรุงบทเรียนของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือการประเมินผลแบบหนึ่งต่อหนึ่ง การประเมินผลโดยใช้กลุ่มขนาดเล็ก และการประเมินผลโดยใช้ในสภาพจริง ดังนี้ การประเมินผลแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นแรกเป็นการนำร่างของบทเรียนที่เขียนในรูปของกรอบในกระดาษที่พร้อมจะสร้างเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นมาทดลองใช้กับผู้เรียนคนหนึ่ง โดยผู้ประเมินผลจะทำหน้าที่คล้ายกับคอมพิวเตอร์ที่ดำเนินการให้ผู้เรียนได้เรียนบทเรียนนั้นตามที่ได้ออกแบบไว้ นำข้อมูลจากการทดลองนี้มาปรับปรุงแก้ไขบทเรียนนั้น แล้วจึงนำไปเขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นำไปทดลองในขั้นที่สอง ทดลองใช้กับผู้เรียนหนึ่งคน หลังจากเรียนเสร็จแล้วให้ผู้เรียนดังกล่าววิจารณ์จุดบกพร่องต่างๆ นำเอาข้อวิจารณ์ร่วมกับข้อมูลที่เป็นผลการสอบก่อนและหลังเรียนมาพิจารณาปรับปรุงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสอนเรื่องนั้น

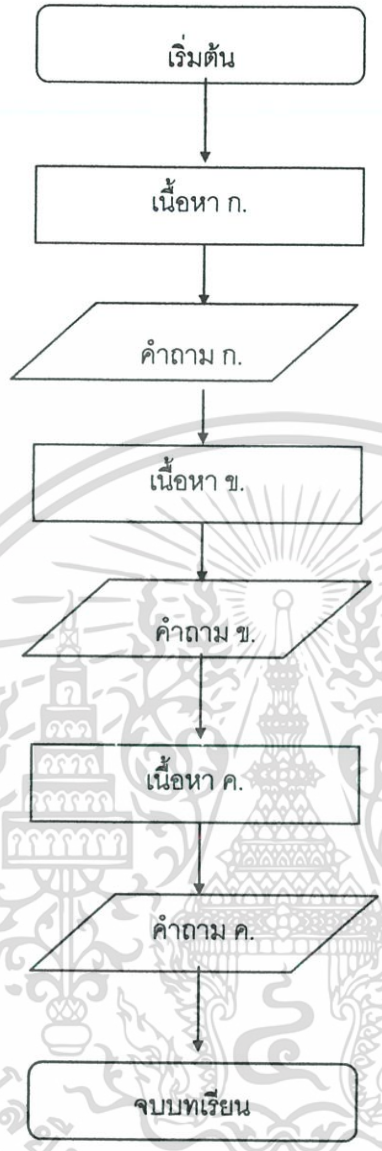
1. การประเมินผลโดยใช้กลุ่มขนาดเล็ก (Small – Group) ในขั้นนี้จะทดลองบทเรียนกับผู้เรียนไม่เกิน 3 คน นำข้อวิจารณ์จากคนทั้ง 3 ร่วมกับข้อมูลที่เป็นผลการสอบก่อนและหลังเรียนมาพิจารณาปรับปรุงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสอนเรื่องนั้น

2. การประเมินผลโดยใช้ในสภาพจริง (Field Tests) หลังจากทดลงใช้กับกลุ่มย่อย 3 คน และปรับปรุงบทเรียนแล้ว ก็นำมาทดลองใช้ในสภาพจริง ซึ่งอาจพบปัญหาเกี่ยวกับการจัดการและควรพิจารณาถึงการจัดทำคู่มืออธิบายวิธีเรียนด้วยการนำบทเรียนไปใช้

ผู้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนควรส่งเสริมการใช้บทเรียนอย่างถูกต้องสอดคล้องกับสภาพเป็นจริง โดยจัดทำเอกสารแนะนำวิธีบูรณาการบทเรียนนั้นเข้ากับหลักสูตรจริงลักษณะการนำเสนอเนื้อหาของ CAI (ฉลอง ทับศรี. 2536 : 7-9)

1. การนำเสนอในลักษณะเส้นตรง (Linear design) ปกติจะเริ่มจากง่ายไปหายากเป็นลำดับผู้เรียนจะเรียนเนื้อหาเดียวกันตามลำดับเหมือนกันดังภาพที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

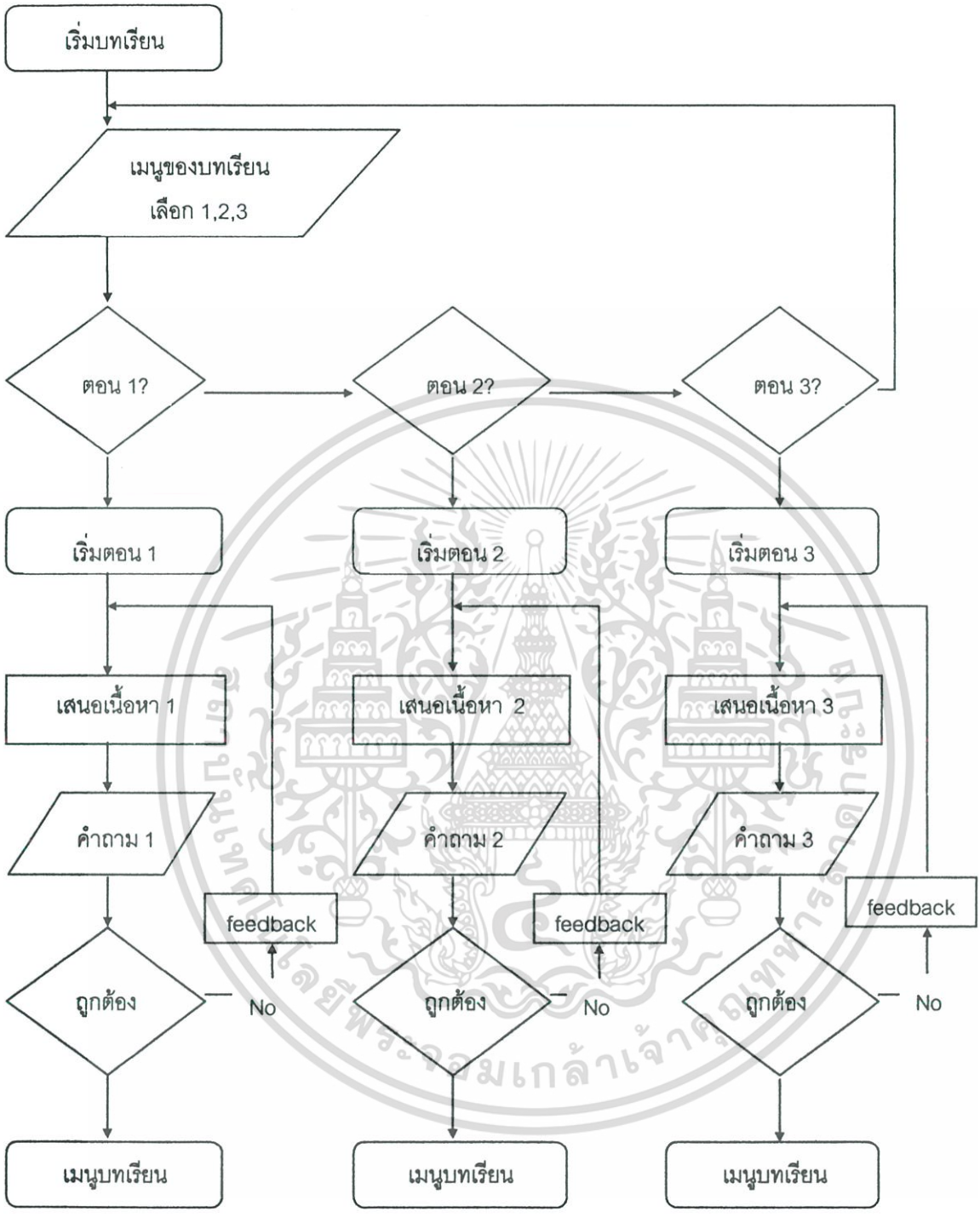


ภาพที่ 2.7 แสดงการนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นตรง

2. นำเสนอเนื้อหาในลักษณะแยกสาขา (Branching Design) เป็นการเสนอเนื้อหาในลักษณะที่ผู้เรียนสามารถที่จะกระโดดข้ามหรือ ย้อนกลับไปเรียนเนื้อหาที่ผ่านไปแล้วได้

2.1 แยกสาขาลักษณะเดินหน้า (Forward Branching) เป็นการกระโดดข้ามเนื้อหาที่กำลังเรียนไปสู่อีกเนื้อหาหนึ่ง ดังภาพที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



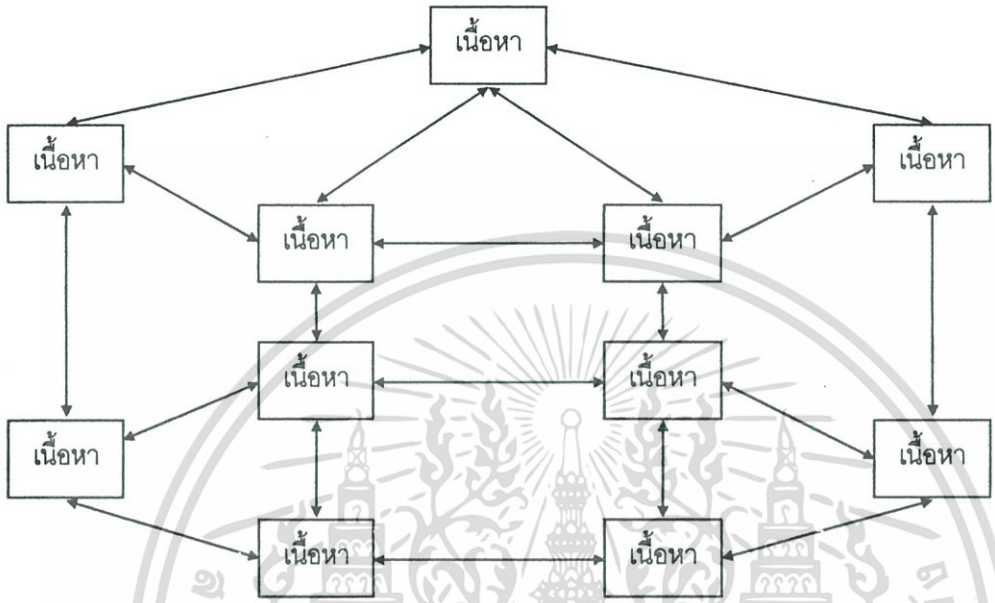
ภาพที่ 2.8 แสดง Forword และ Backward branching

2.2 **แยกสาขาลักษณะถอยหลัง** (Backward branching) **เป็นการกลับไปศึกษาเนื้อหาที่ผ่านมาแล้ว**

3. **นำเสนอเนื้อหาชนิดโยงใย** (Web design) **การเสนอกเนื้อหาลักษณะนี้จะถือว่าเนื้อหา**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่อยๆ ทั้งหมดมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นจึงสามารถเสนอเนื้อหาตอนใดตอนหนึ่งเมื่อใดก็ได้ ดังนั้นการทำเนื้อหาลักษณะโยงใยนี้จึงจำเป็นต้องบอกให้รู้ว่าเนื้อเรื่องนั้น ๆ มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับเนื้อหาอื่นๆ อย่างไร ลักษะการเสนอเนื้อหานี้มีลักษณะของใยแมงมุม ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 แสดงการนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชนิดโยงใย

ลักษณะ CAI ที่ดี (ฉลอง ทับศรี. 2536 :2-5)

1. ตั้งอยู่บนจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน ควรมีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจน ช่วยให้การจัดการเรียนการสอนประสบความสำเร็จได้ง่าย

2. CAI ที่ดีต้องเข้ากันได้ดีกับลักษณะของผู้เรียน ปกติ CAI นั้นจะสร้างขึ้นสำหรับกลุ่มผู้เรียนวิชาคณิตศาสตร์ หรือสำหรับนักศึกษาแพทย์ที่จะเรียนเรื่องการผ่าตัด เนื่องจากผู้เรียนมีลักษณะเฉพาะดังนั้นลักษณะการเรียนการสอนจึงต้องให้เหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียน สิ่งที่น่าจะพิจารณาในการนี้คือ ต้องทราบความรู้พื้นฐาน ระดับทักษะของผู้ที่จะเรียนอย่างแท้จริง นอกจากนั้นในการเลือกเครื่องมือที่จะใช้สำหรับการติดต่อกับเครื่อง (Input devices) อันได้แก่ แป้นพิมพ์ เมาส์ หรือปุ่มโยก (Joystick) นั้นก็ต้องพิจารณาถึงทักษะของผู้ใช้ด้วย เช่นถ้าเป็นเด็กเล็กๆ อาจจะต้องใช้การแตะจอ หลีกเลี่ยงการใช้แป้นพิมพ์ เป็นต้น

3. ให้มีการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับเครื่อง (Interaction) ให้มากที่สุด ข้อได้เปรียบของคอมพิวเตอร์ที่เห็นชัดที่สุดต่อหนังสือ ตำรา หรือสิ่งอื่นๆ คือ ความสามารถในการโต้ตอบในลักษณะปฏิสัมพันธ์ของคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันนี้ CAI ส่วนใหญ่ยังใช้คุณสมบัติการปฏิสัมพันธ์น้อยจึงทำให้คอมพิวเตอร์กลายเป็นเครื่องมือที่ทำหน้าที่ “เปิดหน้าหนังสือให้ผู้เรียน” ซึ่งไม่คุ้มกับเวลาและค่าเครื่องมือที่ลงทุนไป

เอกสารนี้จัดทำขึ้นที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. CAI ที่ดีควรมีลักษณะการให้การศึกษารายบุคคล (Individualized) ได้ เนื่องจากผู้เรียนมีความสนใจ อัตราความเร็วในการเรียนหรือความถนัดในการเรียนแตกต่างกัน บทเรียน CAI ที่ดีควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกเรียนตามความสามารถ ความสนใจของตนเอง ผู้เรียนควรจะสามารถกระโดข้ามหัวข้อที่ตนไม่สนใจ หรือมีความรู้พอแล้วไปเรียนส่วนอื่นๆ ได้ หรือผู้เรียนควรสามารถเลือกระดับความยากง่ายของเนื้อหาได้

5. CAI ที่ดีต้องสามารถคงความสนใจของผู้เรียนไว้ได้ตลอดเวลา บทเรียน CAI ต้องมีกลไกที่จะกระตุ้นและคงความสนใจของผู้เรียนให้ได้ ความแปลกใหม่ของบทเรียนอย่างเดียวจะอยู่ได้ไม่นาน ถ้าไม่สามารถคงความสนใจของผู้เรียนได้แล้ว บทเรียนนั้นก็จะล้มเหลวและยิ่งกว่านั้นจะทำให้ทัศนคติ และความกระตือรือร้นในการเรียนเสียไปด้วย

6. CAI จะต้องโต้ตอบกับผู้เรียนในลักษณะของการสร้างสรรค์(Approaches The Learner Positively) การโต้ตอบควรเป็นลักษณะของการติวรายบุคคล หลีกเลี่ยงการลงโทษหรือพูดเยาะเย้ยถากถางผู้เรียน สำหรับเด็กเล็กจะชอบการชมเชย สาเหตุที่ CAI เป็นที่ชอบของผู้เรียนเนื่องจากมีลักษณะไม่คุกคาม ไม่บีบคั้นผู้เรียนเหมือนกับการเรียนการสอนปกติ

7. ควรจะเลือกใช้การป้อนกลับ (Feedback) หลายๆ ลักษณะ สำหรับเด็กเล็กๆจะชอบและต้องการการป้อนกลับลักษณะบอก (Positive Feedback) ซึ่งจะเป็นลักษณะการบอกผู้เรียนว่าตนฝึกได้ดีเพียงใด แต่สำหรับผู้เรียนระดับโตแล้ว จะไม่ต้องการ Feedback ในลักษณะอย่างนี้

8. CAI ที่ดีจะต้องสามารถประเมินผลการเรียนได้อย่างเหมาะสม ในการประเมินผลให้ได้ผลดีควรจะคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

8.1 ตั้งคำถามให้ตรงกับจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน เช่น ตั้งจุดมุ่งหมายว่า "ผู้เรียนสามารถบอกชื่อดาวเคราะห์ทั้งหมดในระบบสุริยะจักรวาลได้" คำถามประเภทเลือกตอบ (Multiple Choices) หรือคำถามประเภทถูก – ผิด ก็จะไม่เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายนี้

8.2 หลีกเลี่ยงการใช้คำถามคลุมเครือหรือเข้าใจยาก และคำศัพท์ที่ใช้ในคำถามควรจะเป็นคำที่นักเรียนรู้มาจากเนื้อหา นอกจากคำถามประเภทการนำไปใช้ที่อาจต้องกำหนดสถานการณ์ขึ้นมาใหม่

8.3 พิจารณาคำตอบอย่างถ้วนทั่ว เนื่องจากคอมพิวเตอร์จะยอมรับคำตอบที่เรากำหนดไว้ให้เท่านั้น ดังนั้นคำตอบของผู้เรียนที่นอกเหนือไปจากที่กำหนดจะถือว่าผิด ตรงนี้จะทำให้เกิดปัญหา เพื่อขจัดปัญหาดังกล่าวคอมพิวเตอร์ควรพิจารณาคำตอบที่เหนือความคาดหมาย (เช่น ต้องการให้ตอบด้วยตัวเลข แต่ผู้เรียนกลับตอบด้วยตัวอักษร หรือต้องการให้กดแป้น "Space" เป็นต้น) คอมพิวเตอร์ควรจะ feedback คำตอบทั้ง 3 ชนิดให้สอดคล้องกับสถานการณ์

8.4 ต้องพยายามตรวจสอบให้ได้ว่า การที่ผู้เรียนไม่ตอบคำถามนั้นเกิดจากความไม่รู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือไม่ต้องการตอบของผู้เรียนโดยแท้จริง เพราะในบางกรณีผู้เรียนอาจจะรู้คำตอบแต่ไม่รู้วิธีการตอบก็ได้ ดังนั้นวิธีการตอบคำถามต้องทำได้ง่ายที่สุดจึงจะดี

9. CAI ที่ดีต้องสามารถใช้คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ได้อย่างคุ้มค่าและเหมาะสม ถ้านำคอมพิวเตอร์มาเสนอ Text อย่างเดียวนั้นนับว่าไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง เพราะตัวหนังสือบนจอนั้นจะไม่คมชัดเหมือนบนกระดาษแน่นอน ผู้สร้าง CAI ต้องใช้คุณสมบัติด้านกราฟฟิก คุณสมบัติด้านการเสนอเนื้อหาจำนวนมากในเวลารวดเร็ว

10. CAI ที่ดีต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการออกแบบการเรียนการสอน (Based On Principles Of Instructional Design) การออกแบบระบบการเรียนการสอนจึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพราะเป็นขั้นของการวิเคราะห์และสังเคราะห์กระบวนการอย่างลึกซึ้ง โดยการนำเอาวิธีการจัดระบบ (System Approach) มาใช้ ทำให้ผู้พัฒนาบทเรียนได้เข้าใจและตระหนักถึงสภาพของผู้เรียน เนื้อหาของบทเรียน แนวทางในการถ่ายทอดบทเรียน การวัดและประเมินผลการเรียน (วสันต์ อติศัพท์. 2530 : 75) การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องวัสดุและกรรมวิธีการก่อสร้างสำหรับการวิจัยในครั้งนี้จึงได้กำหนดโครงสร้างของโปรแกรม

2.4 หลักการทำแบบทดสอบและประเมินผล

2.4.1 การวางแผนการสอบ

เพราพรรณ เปลี่ยนภู่. 2537 : 16-19) กล่าวว่า ก่อนการสอบผู้สอนควรจะได้วางแผนกำหนดสัดส่วนของเนื้อหาที่จะออกข้อสอบแล้วทำการออกข้อสอบตามสัดส่วนที่ได้วิเคราะห์ซึ่งการวิเคราะห์นี้หากทำตั้งแต่ก่อนการสอนประโยชน์ที่จะได้รับจะได้ทั้งการดำเนินการสอนและการสอบด้วยตารางผังข้อสอบ (Test Blueprint) เป็นแผนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหากับวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดสัดส่วนของข้อสอบและกำหนดชนิดข้อสอบ วิธีการสร้างตารางผังข้อสอบ (Test Blueprint) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.4.1.1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสอบโดยจะต้องนำวัตถุประสงค์ของวิชาสำหรับการวัดแบบทดสอบหลังเรียน (Summative Evaluation) และ ถ้าเป็นการวัดแบบทดสอบก่อนเรียน (Formative Evaluation) จะต้องใช้วัตถุประสงค์ของหน่วยหรือ หัวข้อ มาเขียนวัตถุประสงค์ในรูปของวัตถุประสงค์เฉพาะ หรือ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เช่น

ความสามารถด้านความรู้
- อธิบายศัพท์
- อธิบายข้อเท็จจริง (กฎ สูตร)
- อธิบายกระบวนการดำเนินงาน

ความสามารถด้านความเข้าใจ
- อธิบายเหตุผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	- เปรียบเทียบความเหมือน/แตกต่าง
	- ยกตัวอย่างประกอบ
ความสามารถในการนำไปใช้	- นำหลักการ ทฤษฎีไปแก้ปัญหา
	- การนำหลักวิชาไปแก้ในสภาพการณ์ใหม่
ความสามารถด้านการวิเคราะห์	- ให้คำนวณใหม่
	- ให้ค้นหาสาเหตุของเรื่อง
	- ให้หาความสัมพันธ์
ความสามารถด้านการสังเคราะห์	- ให้พยากรณ์
	- การวางแผนงาน
	- ให้ปรับปรุงเปลี่ยนแปลง
การประเมินค่า	- วิจารณ์
	- วินิจฉัยตามเกณฑ์ที่กำหนด

ในกรณีที่วัตถุประสงค์ของวิชาเขียนอยู่ในรูปของวัตถุประสงค์ทั่วไปจะต้องวิเคราะห์วัตถุประสงค์นั้นเป็นความสามารถทางด้านพุทธิพิสัยก่อน แล้วจึงเขียนเป็นวัตถุประสงค์ในการวัดผล

2.4.1.2 สำรวจเนื้อหาวิชาที่สอน การเน้นความสำคัญ และการให้เวลาในการสอนแต่ละหัวข้อ นอกจากนี้ต้องสำรวจตำราหนังสืออ่านประกอบที่กำหนดให้ผู้เรียนอ่าน เมื่อสำรวจแล้วจัดเป็นหัวข้อย่อย ๆ ที่จะใช้เป็นเนื้อหาในการออกข้อสอบ

2.4.1.3 กำหนดอัตราส่วนร้อยละของแต่ละเนื้อหา และแต่ละวัตถุประสงค์ในการวัดผลโดยกำหนดให้มีอัตรามากน้อยตามสัดส่วนความสำคัญของเนื้อหาและวัตถุประสงค์นั้น ๆ การให้สัดส่วนนี้พิจารณาตามการแบ่งชั่วโมงการสอน และความสำคัญของเนื้อหาที่สอน

2.4.1.4 สร้างตารางบรรจุเนื้อหา วัตถุประสงค์ พร้อมอัตราร้อยละของแต่ละข้อจำนวนข้อสอบ และชนิดของแบบทดสอบที่ใช้วัดผล

2.4.1.5 สร้างข้อสอบโดยพิจารณา ทั้งด้านเนื้อหา และ จุดมุ่งหมายในการวัดผลในภาคปฏิบัติผู้ออกข้อสอบจะพิจารณาว่าจุดมุ่งหมายนั้น ซึ่งการเขียนข้อสอบจะเขียนลงไปในช่องที่สัมพันธ์กันในตารางผังข้องสอบ (Test Blueprint)

2.4.1.6 การกำหนดชนิดแบบทดสอบ ในการเลือกชนิดแบบทดสอบที่จะใช้ในการสอบจะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายในการวัดผลเป็นสำคัญโดยปกติแล้ว ข้อสอบวัดความสามารถด้านพุทธิพิสัยระดับต่ำจะใช้ข้อสอบปรนัยและความสามารถระดับสูงคือตั้งแต่การนำไปใช้ขึ้นไป เป็นข้อสอบอัตนัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.7 การกำหนดจำนวนข้อสอบในการพิจารณาว่าจะใช้ข้อสอบจำนวนเท่าใดจะต้องพิจารณาในเรื่อง

ก. เวลาในการสอบ

ข. ชนิดของแบบทดสอบที่ใช้

ค. ความสามารถของผู้เรียน

ง. ความยากง่ายของข้อสอบ ซึ่งรวมถึงความซับซ้อนของข้อคำถาม

สรุปการวางแผนการสอบ มีทั้งหมด 7 ขั้นตอน คือ กำหนดจุดมุ่งหมายในการสอบสำรวจเนื้อหาวิชาที่สอนกำหนดอัตราส่วนร้อยละของแต่ละเนื้อหา สร้างตารางบรรจุเนื้อหา สร้างข้อสอบโดยพิจารณาทั้งด้านเนื้อหา และ จุดมุ่งหมายในการวัดผล การกำหนดชนิดแบบทดสอบและกำหนดจำนวนข้อสอบ

2.4.2 **หลักการสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) มีดังนี้**

(1) เขียนข้อคำถามให้ชัดเจน ถ้าหากมีคำซ้ำในข้อคำตอบควรเขียนไว้ในข้อคำถาม

(2) ควรมุ่งถามปัญหาหลักเพียงปัญหาเดียว

(3) ในแต่ละข้อไม่ควรให้มีความเกี่ยวข้องกันเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้ผู้เรียนนำเรื่องราวจากข้อหนึ่งไปตอบอีกข้อหนึ่ง

(4) หลีกเลี่ยงคำหรือข้อความที่ชี้แนะถึงคำตอบที่ถูกต้อง

(5) ถ้าข้อคำถามเป็นประโยคไม่สมบูรณ์ควรเรียงไว้ท้ายประโยค

(6) ควรหลีกเลี่ยงประโยคปฏิเสธ ถ้าจำเป็นให้ขีดเส้นใต้คำปฏิเสธนั้น

(7) พยายามให้ตัวปัญหามีข้อมูลมากพอสมควร และให้ตัวเลือกเป็นข้อความสั้น ๆ พยายามหลีกเลี่ยงคำที่ซ้ำกันในตัวเลือก

(8) โจทย์ควรจะเป็นข้อความที่สมบูรณ์ มีคำชี้แจงหรือคำสั่ง

สรุป หลักการออกข้อสอบนั้น ต้องสามารถนำไปวัดความสามารถของผู้เรียนในด้านความรู้ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล

2.4.3 **หลักการประเมินผลแบบทดสอบ**

เพราพรรณ เปลี่ยนภู่. 2537 : 22-26)กล่าวว่า การตรวจสอบคุณค่าและคุณสมบัติของแบบทดสอบ จัดทำขึ้นเพื่อดูประสิทธิภาพของแบบทดสอบว่าได้มาตรฐานเพียงใด อันจะนำไปสู่การตัดที่จะแก้ไขปรับปรุงประสิทธิภาพของแบบทดสอบนั้น ๆ ให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น หลักเกณฑ์ทีนิยมนำมาใช้ในการตัดสินคุณภาพของแบบทดสอบนั้น ๆ ให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น หลักเกณฑ์ที่นิยมนำมาใช้ในการตัดสินคุณภาพของแบบทดสอบมีอยู่ 8 ประการ คือ

ก. ความตรง (Validity)

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ความเชื่อมั่น (Reliability)

ค. ความยาก (Level of Difficulty)

ง. อำนาจจำแนก (Power of Discrimination)

จ. ความเป็นปรนัย (Objectivity)

ฉ. ความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ (Practicality of Usability)

ช. ความลึกซึ้ง (Searching)

ซ. ความยุติธรรม (Fairness)

ฎ. การใช้เวลาเหมาะสม (Speediness)

แต่การนำมาพิจารณาคุณภาพของแบบทดสอบเพียง 4 ประการ คือ

2.4.3.1 ความตรง (Validity) หมายถึง ความสามารถในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้อง แบบทดสอบทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างเอง หรือแบบทดสอบมาตรฐานต้องการคุณสมบัติด้านนี้อย่างยิ่ง ซึ่งความตรงของแบบทดสอบขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายในการวัดเนื่องจากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกันความตรงของแบบทดสอบจึงมีหลายแบบตามธรรมชาติ และจุดมุ่งหมายของเครื่องมือแต่ละชนิดซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

ก. ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง ความตรงของแบบทดสอบในเรื่องของความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาในวิชาใดวิชาหนึ่ง เช่น แบบทดสอบความรู้ในวิชาการวัดผลการศึกษา ข้อทดสอบจะต้องเป็นเรื่องเกี่ยวกับการออกข้อสอบ การตรวจข้อสอบคุณลักษณะของแบบทดสอบที่ดีการวางแผนการออกขอสอบและดำเนินการสอบเป็นต้น แบบทดสอบที่มีความตรงเชิงเนื้อหาจะต้องมีข้อคำถามสอดคล้องหรือตรงกับเนื้อเรื่อง หรือเนื้อหาวิชากับวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้ในหลักสูตรหลักเกณฑ์การพิจารณาความตรงจะดูความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับจุดมุ่งหมายและเนื้อหาวิชาตามที่กำหนดไว้ในการวิเคราะห์หลักสูตรก่อนสอนและก่อนสอบ

ข. ความตรงเชิงสัมพันธ์กับเกณฑ์ (Criterion – Related Validity) หมายถึง การเปรียบเทียบ หรือหาความสัมพันธ์ระหว่างความตรงของแบบทดสอบกับเกณฑ์ภายนอกที่เกี่ยวข้องซึ่งสามารถทดสอบด้วยการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการทดสอบกับเกณฑ์ภายนอกที่ตั้งไว้ ปัจจุบันมีผู้ที่จำแนกความตรงด้านนี้ออกเป็น 2 ประเภท คือ ความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) และความตรงตามคำทำนาย (Predictive Validity)

ค. ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบในการวัดคุณภาพทางจิตวิทยาของบุคคลในการสร้างแบบทดสอบให้มีความตรงตามโครงสร้างจะต้องวิเคราะห์คุณลักษณะทางจิตวิทยาของบุคคล โดยตั้งสมมุติฐานของการเกิดพฤติกรรม แล้วจึงสร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับการสันนิษฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.2 ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบหรือ เครื่องมือวัดที่ให้ผลแง่การวัดคงที่แน่นอนไม่แปรเปลี่ยนไม่ว่าจะวัดเมื่อใดย่อมให้ผลเช่นเดิมเสมอ เช่น ถ้าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นหรือความเที่ยงสูง ผลของคะแนนที่ได้รับจากการสอบทุกครั้งจะต้องได้คงที่หรือเท่าเดิมเสมอในการตรวจสอบค่าความเที่ยงของแบบทดสอบสามารถทำได้หลายวิธี นิยมใช้วิธีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ของความเที่ยง ซึ่งมีวิธีการพื้นฐาน 3 วิธีคือ

ก. การหาความเที่ยงของแบบทดสอบโดยวิธีทดสอบซ้ำ (Test – Retest Reliability) คือ การนำแบบทดสอบฉบับเดียวทดสอบกับกลุ่มเดิมซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อวัดความคงที่ ของการได้คะแนน ดังนั้น ถ้าแบบทดสอบหนึ่งมีความเที่ยงตรงสูงคนที่ได้คะแนนครั้งที่ 1 สูงในการสอบครั้งที่ 2 ก็ได้คะแนนสูงด้วย ส่วนคนที่ได้คะแนนต่ำในครั้งที่ 1 ก็จะต้องได้คะแนนต่ำในครั้งที่ 2 ด้วยซึ่งสามารถคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการสอบครั้งที่ 1 กับ 2 โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์ดังแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 แสดงค่าประสิทธิภาพสหสัมพันธ์ (r) มีค่าระหว่าง ±

ค่าประสิทธิภาพสหสัมพันธ์	ความเที่ยงของข้อสอบ
เข้าใกล้ 1.00 (ประมาณ 0.70 – 0.90)	ระดับสูง
เข้าใกล้ 0.50 (ประมาณ 0.30 – 0.70)	ระดับกลาง
เข้าใกล้ 0.00 (0.30 หรือต่ำกว่า)	ระดับต่ำ

ข. การหาความเชื่อมั่นแบบเทียบเท่า (Equivalence Reliability) คือ การนำแบบทดสอบ 2 ฉบับ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันที่สุด ทั้งเนื้อหาและข้อความ ในการวัดความยากง่าย ค่าคะแนนเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้ง 2 ชุดต้องเท่ากัน ถ้านำแบบทดสอบนั้นมาทดสอบกับกลุ่ม และนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบทั้ง 2 มาหาค่า r ซึ่งถือเป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง/ความเชื่อมั่นด้วยการวัดทัดเทียมกัน

ค. การหาความเที่ยงแบบวัดความคงที่ภายใน คือ การหาความเที่ยงภายในตัวข้อสอบเอง โดยการสอบเพียงครั้งเดียววิธีการหาสัมประสิทธิ์แห่งความสอดคล้องภายใน (coefficient of Internal Consistency) แยกออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

(1) วิธีหาความเที่ยงหรือความเชื่อมั่นชนิดแบ่งครึ่ง (Split – half method) วิธีนี้แบ่งข้อสอบ 1 ชุดออกเป็น 2 ส่วนย่อย ๆ คือแบ่งเป็นข้อคู่และข้อคี่ โดยรวมคะแนนของข้อคู่ และข้อคี่แต่ละคน แล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบธรรมดาที่คำนวณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คะแนน 2 ชุดนี้มาจากจำนวนครึ่งหนึ่งของแบบทดสอบและจากการศึกษาวิจัยพบว่า แบบทดสอบยิ่งยาวขึ้น (มีมากขึ้น) ความเชื่อมั่นก็ยิ่งสูงขึ้น

(2) ความเที่ยงหรือความเชื่อมั่นแบบ Kuder – Richardson Reliability ได้เสนอวิธีหาความสอดคล้องกันระหว่างข้อสอบ โดยนำเนินการสอบครั้งเดียวด้วยแบบทดสอบชุดเดียว แล้วพิจารณาการตอบข้อสอบแต่ละข้อว่าทำถูกหรือผิดนำมาคำนวณความเที่ยง โดยใช้สูตร Kuder - Richardson Reliability Formula 20

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

เมื่อ

r_{tt} คือ ค่าความเชื่อมั่น

n คือ จำนวนข้อสอบ

p คือ สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

2.4.3.3 ความยาก (Level of Difficulty) หมายถึง แบบทดสอบจะต้องมีความยากเหมาะสมกับความสามารถ และระดับชั้นเรียนของผู้เรียนข้อสอบที่มีระดับความยากเป็นอุดมคติ ต้องมีความยากครึ่งหนึ่งคือผู้สอบทั้งห้องสามารถทำข้อสอบได้ครึ่งหนึ่งหรือ 50% ของผู้สอบ แต่โดยทั่วไปมักยกระดับความยากประมาณ 40-70% ซึ่งในการหาระดับความยากของแบบทดสอบสามารถทำได้โดยการวิเคราะห์ข้อเลือก (Item Analysis and Choice Analysis)

2.4.3.4 อำนาจจำแนก (Power of discrimination) หมายถึง แบบทดสอบที่ดีจะต้องมีความสามารถจำแนกอันดับของผู้เรียน ออกมาตามลำดับคือสามารถแยกผู้เรียนเก่งและผู้เรียนอ่อนทำข้อสอบนั้นได้น้อย ข้อสอบใดที่ผู้เรียนทุกคนทั้งหมด หรือ ตกหมดจัดเป็นข้อสอบที่ไม่ดีเพราะไม่สามารถจำแนกวัตถุประสงค์ของการสอบวัดในห้องเรียนได้ จากการวิเคราะห์ข้อสอบและวิเคราะห์ข้อเลือก (Item Analysis and Choice Analysis) จะสามารถคัดเลือกข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกได้อย่างถูกต้อง

สรุป การประเมินผลแบบทดสอบ จะประกอบด้วย ความตรงเชิงเนื้อหา (content Validity) ความเที่ยง (Reliability) ที่นิยมใช้มีอยู่ 3 วิธี คือ การทดสอบซ้ำ (Test – Retest Reliability) การแบ่งครึ่ง (Split – Half Method) และวิธีของแบบ Kuder – Richardson Reliability นอกจากนี้ยังต้องหาอำนาจจำแนกและระดับคามยากง่ายของข้อสอบด้วย

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศิโรจน์ ชมบุญ (2543 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง พระราชบัญญัติควบคุมอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ได้นำไปใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 สาขาสถาปัตยกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพ 80.5 / 80.5 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

พิชญา จันลอย (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม 1 เรื่องการจัดสวนแบบญี่ปุ่น ได้นำไปใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 แผนกช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม คณะวิชาการก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคดุสิต จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพ 86.25 / 85.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

อุดม นิลรัตน์สุวรรณ (2543 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องประวัติศาสตร์ศิลป์ 4 เรื่อง ลัทธิคิวบิสม์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เลือกลงทะเบียน วิชา 12070004 ประวัติศาสตร์ศิลป์ 4 เรื่องลัทธิคิวบิสม์ จำนวน 30 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้บทเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยกลุ่มตัวอย่างศึกษาเนื้อหาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและทำการทดสอบทันทีที่เรียนจบเพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แล้วให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงแบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยค่า T- Test

ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาประวัติศาสตร์ศิลป์ 4 เรื่องลัทธิคิวบิสม์ มีประสิทธิภาพ 84.83 / 83.08 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังจากเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่าเรียนอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 และค่าเฉลี่ยแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้บทเรียน เท่ากับ 4.6 อยู่ในเกณฑ์ดี

นางสาวทักษิณา กูปโคกกรวด (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้ข้อมูลป้อนกลับ 2 ชนิด ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ระบบคอมพิวเตอร์ วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 โปรแกรมวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ (ธุรกิจการเกษตร) คณะวิทยาการจัดการ สถาบันราชภัฏนครราชสีมา ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 40 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 20 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม โดยให้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ใช้ข้อมูลป้อนกลับ 2 ชนิด คือ กลุ่มทดลองที่ 1 ใช้ข้อมูลป้อนกลับแบบตอบถูกไม่อธิบายตอบผิดสอนเนื้อหาเดิม กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้ข้อมูลป้อนกลับแบบตอบถูกอธิบาย – ตอบผิดสอนเนื้อหาเดิม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบคอมพิวเตอร์ วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 30 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.23 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.45 และค่าความเชื่อมั่นเป็น 0.77 รูปแบบการวิจัยครั้งนี้ คือ The Pretest – Posttest Randomized Groups Design. สถิติที่ใช้ในการทดสอบ คือ t-test Independent ชนิด Pooled Variance

ผลการวิจัยพบว่า การใช้ข้อมูลป้อนกลับแบบตอบถูกอธิบาย – ตอบผิดสอนเนื้อหาเดิม ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบคอมพิวเตอร์ วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่สูงกว่าการใช้ข้อมูลป้อนกลับแบบตอบถูกไม่อธิบาย – ตอบผิดสอนเนื้อหาเดิม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

จากการศึกษาเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่ พบว่าจะใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนตามความสามารถของตนเองทีละขั้น มีแรงจูงใจ เกิดทัศนคติที่ดี ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจเนื้อหา และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าหรือเท่ากับการสอนปกติ

จากความสำคัญและประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดังกล่าวถือว่าเป็นสื่อการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพเหมาะที่จะนำไปใช้ในการเรียนการสอนผู้วิจัยจึงสนในที่จะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน เรื่อง เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง เพื่อให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน โดยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรในการศึกษาวิจัยเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี ที่ศึกษาวิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ซึ่งเคยศึกษาเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้างมาก่อนรวมจำนวนประชากรทั้งสิ้น 40 คน

กลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างจากประชากรโดยการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับฉลากรวมจำนวนทั้งสิ้น 20 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการวิจัยดังต่อไปนี้

3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

3.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนรู้จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ใช้ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

3.2.3 แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชา เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

3.2.1 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อสร้าง ได้ดำเนินการสร้างบทเรียนตามขั้นตอน ของไพโรจน์ ตรีรณธนากุล และคณะ(2542 : 4-13) ได้เสนอขั้นตอนในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ดำเนินได้เป็น 5 ขั้นตอนหลัก ๆ โดยมีขั้นตอนดังนี้

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

รายละเอียดของการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้ง 5 ขั้นตอนหลัก ผู้วิจัยได้ดัดแปลงการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดังนี้

3.2.1.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดเนื้อ เรื่อง รายวิชา ที่จะนำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยเลือกเนื้อหา วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ภาพทฤษฎี ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคนิคสถาปัตยกรรม ตามหลักสูตรสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

2. ขั้นตอนการออกแบบ (Design) มีขั้นตอนดังนี้

(ก) กำหนดวิธีการนำเสนอ ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดของเนื้อหาแต่ละตอน

(ข) สร้างแผนการนำเสนอบทเรียนเป็นแผนภูมิ (Course Flow Chart) และลำดับการนำเสนอบทเรียน

3. ขั้นพัฒนา (Development) มีขั้นตอนดังนี้

(ก) นำเนื้อหามากำหนดการนำเสนอในรูปแบบ Story Board และนำเสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและแก้ไขปรับปรุงให้สมบูรณ์

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

ชื่อ : อาจารย์คมกริช หมายสุข

ตำแหน่ง : หัวหน้า/อาจารย์ภาควิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม

สถานที่ทำงาน : สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี

ชื่อ : อาจารย์ภัทราวดี ไชยมงคล

ตำแหน่ง : อาจารย์ภาควิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานที่ทำงาน : สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี

ชื่อ : อาจารย์ระดมเดช ทักษณา

ตำแหน่ง : อาจารย์พิเศษ ระดับปริญญาโท

สถานที่ทำงาน : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. ขั้นสร้าง (Implementation) มีขั้นตอนดังนี้

(ก) เลือก Software หรือโปรแกรมสำเร็จรูปที่เหมาะสมและสามารถตอบสนองต่อความต้องการที่กำหนดไว้ เป็นตัวจัดการนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

(ข) จัดเตรียมรูปภาพ เสียง หรือการถ่ายวีดีโอ หรือภาพนิ่ง หรือ Caption ไว้ให้พร้อมที่จะใช้งาน

2. ขั้นประเมินผล (Evaluation) มีขั้นตอนดังนี้

หาคุณภาพ (Quality Evaluation) จัดส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จำนวน 3 ท่าน ประเมินคุณภาพสื่อ และนำมาแก้ไขปรับปรุงให้สมบูรณ์

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ชื่อ : อาจารย์คมกริช หมายสุข

ตำแหน่ง : หัวหน้า/อาจารย์ภาควิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม

สถานที่ทำงาน : สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี

ชื่อ : อาจารย์ภัทราวดี ไชยมงคล

ตำแหน่ง : อาจารย์ภาควิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม

สถานที่ทำงาน : สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี

ชื่อ : อาจารย์เชิงชาญ แสงวิสุทธิ์

ตำแหน่ง : อาจารย์ภาควิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม

สถานที่ทำงาน : สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี

3.2.2 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.2.1 ศึกษาวิเคราะห์ และกำหนดจุดประสงค์และเนื้อหา วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ตามหลักสูตรสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พ.ศ. 2546 สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 กำหนดข้อสอบ ให้ครอบคลุมเนื้อหาตามหลักสูตรและเรื่องที่ทำวิจัย โดยพิจารณาว่าจะวัดพฤติกรรมย่อยแต่ละพฤติกรรมอย่างละกี่ข้อ

3.2.2.3 ทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบ โดยยึดตามจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อกำหนดข้อสอบของแต่ละวัตถุประสงค์ และกำหนดขั้นตอนการวัดผล

3.2.2.4 กำหนดรูปแบบของคำถามและศึกษาวิถีการเขียนข้อสอบ โดยเลือกสร้างแบบทดสอบเป็นแบบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก ถ้าตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดได้ 0 คะแนน

3.2.2.5 ตรวจทานข้อสอบ คือนำข้อสอบที่ได้เขียนไว้มาพิจารณาอีกครั้ง โดยพิจารณาความถูกต้อง สามารถวัดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการได้หรือไม่ ภาษาที่ใช้ชัดเจนหรือไม่ ทำการแก้ไขปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

3.2.2.6 เสนอแบบทดสอบต่อผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข

3.2.2.7 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)

$$ICO = \Sigma R/N \qquad (3.1)$$

เมื่อ ICO = ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ΣR = ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N = จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง จากแบบทดสอบจำนวน 120 ข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง (-0.33) – (0.33) = 21 ข้อ, (0.66) – (1.00) = 99 ข้อ ทั้งนี้ผู้จัดทำได้ทำการพิจารณาเลือกออกมา 80 ข้อ จาก 99 ข้อไปใช้ในการทำแบบทดสอบโดยพิจารณาจากความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.8 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 80 ข้อ ไปทดสอบกับ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปี 2 สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี ที่เคยเรียนวิชานี้มาก่อนจำนวน 20 คน

3.2.2.9 นำผลการทดสอบทำการวิเคราะห์เพื่อหาความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีหาค่า KR-20 ตามสูตรที่กำหนดไว้

โดยใช้สูตรในการหาความยากง่ายของแบบทดสอบ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2535: 81)

$$P = R/N \qquad (3.2)$$

เมื่อ P = ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ

R = จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

N = จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.70 (ดูภาคผนวก จ)

สูตรการหาค่าอำนาจจำแนก (D) ใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 210-211)

สูตร

$$D = \frac{R_u - R_l}{n/2} \qquad (3.3)$$

เมื่อ

Ru = จำนวนนักเรียนกลุ่มที่ได้คะแนนสูงที่ตอบถูกในแต่ละข้อ

Rl = จำนวนนักเรียนกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำที่ตอบถูกในแต่ละข้อ

n = จำนวนนักเรียนในกลุ่ม แต่ละกลุ่ม

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.70 (ดูภาคผนวก จ)

การหาความเชื่อมั่น (Reliability) วิธีของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน 20 (KudeRichardson20) KR=20 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 :119)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\Sigma pq}{S_t^2}\right\} \qquad (3.4)$$

เมื่อ

r_{tt} คือ ค่าความเชื่อมั่น

n คือ จำนวนข้อสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

p คือ สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

q คือ สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดในแต่ละข้อ

S^2_t คือ คะแนนความปรวนแปรของคะแนนทั้งฉบับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง มีค่าความเชื่อมั่น = 0.85 (ดูภาคผนวก ฉ)

3.2.2.10 นำแบบทดสอบไปใส่ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3.2.3 **แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน**

3.2.3.1 กำหนดหัวข้อและสร้างแบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็นสองด้านคือ ด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

โดยลักษณะของแบบประเมิน เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า เป็น 5 ระดับและมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

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 ควรปรับปรุงใน

การประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นจะต้องได้ผลในระดับดีขึ้นไปจึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์ การประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ

3.2.3.2 นำแบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบและนำไปปรับปรุงตามคำแนะนำ

3.2.3.3 หาความเที่ยงตรงของแบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยโดยนำแบบประเมินให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะ

3.2.3.4 ผู้วิจัยรับมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำไปใช้จริงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 ติดต่อขอรับหนังสือขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย และขอเชิญผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย จากภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมและคณะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3.2 การเก็บรวบรวมเพื่อหาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชา เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาและ ด้านเทคนิคการผลิตสื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม และทำการประเมินตามรายการแบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่แจกให้ นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติและปรับปรุงแก้ไข

3.3.3 การทดลองบทเรียน

นัดหมายนักศึกษาเพื่อทำการทดลองโดยทำการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน โดยนำผลที่ได้มาหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

3.4.1 **หาคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชา เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ที่ได้จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ และวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนและผู้สอน โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต** (Mean) **และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน** (Standard Diviation) **(รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 163-179)**

3.4.1.1 เฉลี่ยเลขคณิต (Mean)

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} \qquad (3.5)$$

เมื่อ X = คะแนนแต่ละค่าในชุดข้อมูล

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแบบประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

ΣX = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n = จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

3.4.1.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Diviation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3.6)$$

เมื่อ S.D. = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X = คะแนนแต่ละค่าในชุดข้อมูล

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากผู้ทรงคุณวุฒิ

n = จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

3.4.2 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ตามเกณฑ์ของ Meguigans (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528:284 – 286) เป็นการตัดสินโดยใช้สูตร

$$\text{Meguigans Ratio} = \frac{M2-M1}{P-M1} + \frac{M2-M1}{P} \quad (3.7)$$

Meguigans Ratio = ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

M1 = ผลของคะแนนเฉลี่ยจากการสอบก่อนเรียน (Pretest)

M2 = ผลของคะแนนเฉลี่ยจากการสอบหลังเรียน (Postest)

P = คะแนนเต็มของข้อสอบ

ค่าที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1 ถือได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ Meguigans

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงพุทธศักราช 2546 โดยนำเนื้อหาทั้งหมดมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรม Authorware Version 6.5 ไปทดลองกับนักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 แผนกช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ของ Meguigans โดยวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.1 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหา

4.2 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4.1 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหา

การประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านซึ่งผลการประเมินมีรายละเอียดดังในตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพด้านเนื้อหา ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

รายการประเมิน	$\bar{x}$	SD	ระดับคุณภาพ
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	4.33	0.57	ดี
2. ความเหมาะสมของการใช้ภาษา	4.33	0.57	ดี
3. การแบ่งเนื้อหามีความเหมาะสม	4.33	0.57	ดี
4. เนื้อหามีความถูกต้องเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4.33	0.57	ดี
5. ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา	4.33	0.57	ดี
6. ความเหมาะสมของลำดับของการนำเสนอเนื้อหา	4.33	0.57	ดี
7. ความเหมาะสมของภาพในด้านการสื่อความหมาย	4.33	0.57	ดี
8. บทเรียนสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนทั่ว ๆ ไปได้	4.33	0.57	ดี
รวม	**4.33**	**0.57**	**ดี**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ด้านเนื้อหา ในภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ (4.33) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ (1.15) รายการที่มีค่าเฉลี่ยคือ 4.33 มีทั้งหมด 8 รายการใกล้เคียงกันทั้งหมด

4.2 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

การประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ด้านเทคนิคการสื่อ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านซึ่งผลการประเมินมีรายละเอียดดังในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพด้านเทคนิคการสื่อ ของบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S	ระดับคุณภาพ
1. การวางรูปแบบของหน้าจอ	4	1.07	ดี
2. ความเหมาะสมของการใช้ภาษา	4.33	0.57	ดี
3. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร โดยภาพรวม	4.33	0.57	ดี
4. ความเหมาะสมของสีตัวอักษรที่ใช้ โดยภาพรวม	4.33	0.57	ดี
5. ความเหมาะสมของกราฟฟิก	3.66	1.00	ดี
6. ความเหมาะสมของเสียงที่ใช้ในบทเรียน	3.66	1.00	ดี
7. บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน	5.00	0.81	ดีมาก
8. การป้อนกลับ (Feedback) ต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม	4.66	0.70	ดีมาก
9. การออกแบบข้อความได้สวยงามและเร้าใจ	4.66	0.70	ดีมาก
10. ความเหมาะสมของเอนิเมชั่น	4	1.07	ดี
11. ความเหมาะสมของเสียงและจังหวะ	4.33	0.57	ดี
12. ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับปริมาณของเนื้อหา	4.66	0.70	ดีมาก
13. ความรวดเร็วในการออกจากโปรแกรมและสามารถกลับมาเรียนที่ตำแหน่งเดิม	4.00	0.40	ดี
14. ความเหมาะสมในรูปแบบ หรือวิธีการนำเสนอชัดเจนและขั้นตอนเหมาะสม	3.66	1.00	ดี
รวม	**4.26**	**0.76**	**ดี**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมากถึง 4 รายการ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.26 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.68 รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 5.00 มี 1 รายการ ได้แก่ รายการที่ (7)บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน รองลงมามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 จำนวน 3 รายการคือ (8) การป้อนกลับ (Feedback) ต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม (9) การออกแบบข้อความได้สวยงามและเร้าใจ (12) ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับปริมาณของเนื้อหา รองลงมามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 จำนวน 5 รายการคือ (2) ความเหมาะสมของการใช้ภาษา (3) ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร (10) ความเหมาะสมของเอนิเมชั่น (11) ความเหมาะสมของเสียงและจังหวะ รองลงมามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4 จำนวน 1 รายการได้แก่ (1) การวางรูปแบบของหน้าจอรายการ และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.66 เป็นจำนวน 3 รายการได้แก่ (5) ความเหมาะสมของกราฟฟิก (6)ความเหมาะสมของเสียงที่ใช้ในบทเรียน โดยภาพรวมส่วนรายการที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 คือ (6) ความเหมาะสมของเสียงที่ใช้ในบทเรียน (14) ความเหมาะสมในรูปแบบ หรือวิธีการนำเสนอชัดเจนและขั้นตอนเหมาะสม ทั้ง 14 รายการแสดงให้เห็นว่า บทเรียนดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์โดยพิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งต้องผ่านเกณฑ์ ค่าที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1 ถือได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน Meguigans

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน

M2 (Postest)	M1 (Pretest)	P	Meguigans
67.6	39.85	80	1.038

จากตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบก่อนเรียน คะแนนเต็ม 80 คะแนน ได้คะแนนเฉลี่ยคะแนนคิดเป็นร้อยละ 39.85 (M1) และแบบทดสอบหลังเรียน คะแนนเต็มทั้งหมด 80 คะแนน ได้คะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลี่ย 67.6 คะแนน นำไปแทนค่าตามสูตรของ Meguigans จะได้ค่าเท่ากับ 1.13 ซึ่งค่าที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1 ถือได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ Meguigans สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี พุทธศักราช 2546 โดยมีสาระสำคัญในการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.2 สมมุติฐานการวิจัย

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.5 การเก็บรวมรวบข้อมูล

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

2. เพื่อประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

3. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

5.1.2 สมมุติฐานการวิจัย

1. คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนซึ่งอยู่ในระดับที่ดีโดยมีค่าเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้างตามเกณฑ์ของ Meguigans มีค่ามากกว่า 1

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.3.1 ประชากร

ประชากรในการศึกษาวิจัยเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี ที่ศึกษาวิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ซึ่งเคยศึกษาเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้างมาก่อนรวมจำนวน 40 คน

5.1.3.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง จำนวน 20 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่าง อย่างง่าย (Simple Random Sampling)

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.66 –1.00 มีค่าความยากง่าย 0.45 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนก 0.40 – 0.80 และค่าความเชื่อมั่น 0.85

3. แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวนวิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ซึ่งผ่านการตรวจสอบจากออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง จำนวน 20 คน ซึ่งใช้รูปแบบ The Pretest – Posttest Randomized Groups Design ผู้ใช้ได้ดำเนินการทดลองดังนี้

1. กำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

2. แนะนำกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ให้กลุ่มตัวอย่างเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ด้วยตนเอง 1 คน ต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ให้นักศึกษาเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน รวม 80 ข้อ หลังจากนั้นให้นักศึกษาศึกษาหน่วยเรียนจบบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียน จนครบทั้ง 7 หน่วยการเรียน รวม 80 ข้อ เมื่อนักศึกษาเรียนจบทุกหน่วยการเรียนแล้ว ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 80 ข้อ นำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ตามวิธีทางสถิติด้วยสูตร ตามเกณฑ์ของ Meguigans

5.1.6 **การวิเคราะห์ข้อมูล**

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้างโดยทำการวิเคราะห์ดังนี้

1 .วิเคราะห์คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

2 .วิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง โดยการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบคะแนนการทำแบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน โดยใช้สูตร ตามเกณฑ์ของ Meguigans

5.1.7 **สรุปผลการวิจัย**

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าว สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1.ผลการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้างที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม AUTHORWARE 6.5 บทเรียนประกอบด้วยเนื้อหา 7 หน่วย คือ (1) การเตรียมงานก่อสร้างอาคาร (2) ลักษณะโครงสร้างอาคาร (3) โครงสร้างหลังคา (4) รอยต่ออาคาร (5) การก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป (6) เครื่องทุ่นแรงและการติดตั้ง (7) เทคโนโลยีการก่อสร้างกับงานสถาปัตยกรรม ในการเรียน ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนก่อน แล้วจึงให้นักศึกษาศึกษาเนื้อหาในบทเรียน โดยนักศึกษาสามารถเลือกเรียนในเนื้อหาใดก่อนก็ได้ และสามารถย้อนกลับไปมาเนื้อหาเดิม จากนั้นจะให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน เมื่อเรียนจบแต่ละหน่วย และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังจาก เมื่อเรียนครบทุกหน่วยการเรียนแล้ว โดยนักศึกษาจะต้องเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว จากตัวเลือกทั้งหมด 4 ตัวเลือก และให้โอกาสในการตอบคำถามเพียงครั้งเดียว ซึ่งจะใช้เวลาในการเรียนประมาณ 2 ชั่วโมง

2. ผลการหาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง แบ่งเป็น 2 ด้าน ดังนี้

1.1 คุณภาพด้านเนื้อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพของสื่อด้านเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา มีความคิดเห็นเกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ที่สร้างขึ้นได้ค่าเฉลี่ย 4.88 อยู่ในระดับดีมาก

1.2 คุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

คุณภาพของสื่อการสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ มีความคิดเห็นเกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ที่สร้างขึ้นได้ค่าเฉลี่ย 4.69 อยู่ในระดับดีมาก

3. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง โดยนำไปแทนค่าตามสูตรของ Meguigans จะได้ค่าเท่ากับ 1.13 ซึ่งค่าที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1 ถือได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ของ Meguigans

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัย เรื่องการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

5.2.1 ผลการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ผลการประเมินด้านสื่อ และด้านเนื้อหา ที่ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาอยู่ในระดับ 4.33 จัดอยู่ในเกณฑ์ดี และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับ 4.26 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัย พัฒนาให้นักศึกษาได้เรียนรู้และบรรลุวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งไว้ มีการกำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนไว้อย่างชัดเจน ความถูกต้องและเหมาะสมของการใช้ภาษา อีกทั้งสื่อยังสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนได้ทันที ทำให้ผู้เรียนไม่รู้สึกเบื่อหน่ายในบทเรียน ดังนั้นจึงส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการฝึกฝนและทบทวนให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

5.2.2 ผลการหาประสิทธิภาพของสื่อโดยใช้เกณฑ์ของ Meguigans กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน พบว่าผลการเรียนรู้ของนักศึกษา จากการทำแบบฝึกหัดก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน จะได้ค่าเท่ากับ 1.03 ซึ่งค่าที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1 ถือได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ของ Meguigans ทั้งนี้เนื่องจากการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีกระบวนการ และขั้นตอนที่เชื่อถือได้ มีการวางแผนอย่างเป็นระบบและได้พิจารณาเนื้อหาอย่างเหมาะสม อีกทั้งยังได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งทางด้านเนื้อหาและทางด้านเทคนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตสื่อ และได้ผ่านการทดลองใช้มาแล้วถึง 2 ครั้ง ก่อนนำไปทดลองทำการเรียนการสอน ดังนั้น จึงทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ของ Meguigans

เมื่อพิจารณาโดยละเอียดพบว่า การทำแบบทดสอบก่อนเรียนโดยที่นักศึกษาอาศัยผลการศึกษาของการเรียนที่ผ่านมาจะได้ผลลัพท์น้อยกว่าการที่นักศึกษาได้เรียนในแต่ละหน่วยในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทำให้เกิดความคิดรวบยอดดีขึ้น นอกจากนี้แล้ว บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถให้นักเรียนได้เรียนซ้ำแล้วซ้ำอีกได้ตามต้องการ และสามารถย้อนกลับไปเรียนในเนื้อหาเดิมหรือทำความเข้าใจกับเนื้อหานั้นๆ ได้นานเท่าที่ต้องการ โดยไม่มีแรงกดดันจากกลุ่มเพื่อนและผู้สอนมาเกี่ยวข้องประกอบกับ การรู้ผลคะแนนของการทำแบบทดสอบก่อนเรียน ทำให้นักศึกษาสามารถแก้ไขทราบข้อบกพร่องได้ทันทีเนื่องจากภายในข้อสอบมีคำเฉลยและคำอธิบายพอสังเขปอย่างชัดเจน อีกทั้งยังช่วยให้นักศึกษา มีความกระตือรือร้นและสนใจในเนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมากขึ้น ผลตอบของตนเองจะเป็นแรงหนุนให้ผู้เรียนสนใจที่จะตอบคำถามใหม่ต่อไปเรื่อยๆ

ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นบทเรียนที่มีคุณภาพ และสามารถนำไปใช้กับผู้เรียนเนื้อหาวิชานี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

จากการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ผู้วิจัยขอเสนอแนะเพื่อการนำผลวิจัยไปใช้ต่อไปดังนี้

1. การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ไปใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีขีดความสามารถต่ำกว่า อาจมีผลต่อการแสดงผล คือจะทำให้การแสดงผลช้า

2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ถูกบรรจุข้อมูลอยู่ในแผ่น ซีดี รอม ที่ได้ทำเป็น Autorun ดังนั้นเมื่อผู้เรียนใส่แผ่น ซีดี รอม เข้าไปในเครื่องคอมพิวเตอร์แล้ว บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะ Run ตัวโปรแกรมขึ้นโดยอัตโนมัติ

3. การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ไปใช้ ควรตรวจสอบกับสถานศึกษาหรือสถานที่ ที่จะนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ว่ามีความพร้อมเกี่ยวกับเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ที่ใช้ควบคู่กับ เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาและอุปสรรคอันอาจส่งผลไปถึงการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ไม่ดีเท่าที่ควร

4. การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ ไม่ควรจำกัดเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ เพื่อตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล

ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ควรเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามลำพัง เพื่อให้นักศึกษาเกิดสมาธิในการเรียน

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนควรมีการวางแผนโดยกำหนดจุดมุ่งหมายในการสอบโดยจะต้องนำวัตถุประสงค์ของวิชาสำหรับการวัดแบบทดสอบหลังเรียน (Summative Evaluation) และ ถ้าเป็นการวัดแบบทดสอบก่อนเรียน (Formative Evaluation) จะต้องใช้วัตถุประสงค์ของหน่วยหรือ หัวข้อ มาเขียนวัตถุประสงค์ในรูปของวัตถุประสงค์เฉพาะ หรือวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เช่น ความสามารถด้านความรู้, ความสามารถด้านความเข้าใจ, ความสามารถด้านการนำไปใช้, ความสามารถด้านการวิเคราะห์, ความสามารถด้านการสังเคราะห์ และความสามารถด้านการประเมินผล โดยเพิ่มระดับขั้นความลึกของการเรียนรู้ต่อผู้เรียนให้ได้ลึกกว่าการเรียนการสอนแบบปกติ

2. ในการเลือกทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้ที่จะทำควรมีความรู้เกี่ยวกับ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลายๆ โปรแกรม เพื่อนำมาประกอบใช้ร่วมกันในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีประสิทธิภาพ

3. การกำหนดเรื่องที่จะนำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ควรเป็นเรื่องที่น่าสนใจและสามารถที่จะนำเสนอในรูปแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้อย่างเหมาะสม

4. ต้องศึกษาเนื้อหาที่จะนำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้เกิดความเข้าใจ เพื่อให้เกิดแนวความคิดในการนำเสนอรูปแบบที่น่าสนใจในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่จะสร้างขึ้น

5. ควรศึกษารูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยศึกษาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่ได้มีการสร้างขึ้นแล้ว หลายๆ ตัวอย่าง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีคุณภาพต่อไป

6. การทำ CAI ใช้วิธีอื่น ๆ เพื่อให้มีการพัฒนาอย่างหลากหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์. 2538. "**แนวคิดการหาประสิทธิภาพบทเรียน** CAI" วารสารวิชาการ **พระจอมเกล้าพระนครเหนือ** 5(3) : 11

กิดานันท์ มลิทอง. 2535. **เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย.** กรุงเทพฯ : เอดิสันเพรสโพรดักส์.

กระทรวงศึกษาธิการ. 2538. **หลักสูตรสายวิชาช่างอุตสาหกรรม พ.ศ.**2538. กรุงเทพฯ : -

ครรชิต มาลัยวงศ์. 2526. คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา . กรุงเทพฯ : เอช-เอนการพิมพ์.

ชัยวุฒิ จันมา. 2539. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย." **วารสารกองทุน สงเคราะห์การศึกษาเอกชน.** 6(57) : 36-37

ฉลอง ทับศรี. 2536. "การพัฒนา CAI ด้วยมัลติมีเดีย." หน้า 2-5. ใน **การฝึกอบรม.** ชลบุรี : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ฉลอง ทับศรี. 2536. "การพัฒนา CAI ด้วยมัลติมีเดีย." หน้า 7-9. ใน **การฝึกอบรม.** ชลบุรี : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ถนอมพร เลาหจรัสแสง. 2541. "คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา". พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ดวงกมล โปรดักชั่น.

ทักษิณา กูปโคกกรวด. 2546. "การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้ข้อมูลป้อนกลับ 2 ชนิดในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบคอมพิวเตอร์ วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ (คอมพิวเตอร์), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

บุญชม ศรีสะอาด. 2537. **การพัฒนาการสอน.** กรุงเทพฯ : สุริวิริยาสาส์น

บุญเชิด ภิญโญอนันต์พงษ์. 2538. **การประเมินผลการศึกษา.** กรุงเทพฯ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์ทรวิโรฒประสานมิตร

เพราพรรณ เปลี่ยนภู่. 2537. การประเมินผลแบบทดสอบ. ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พิชญา จันลอย. 2546. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม 1 เรื่อง การจัดสวนแบบญี่ปุ่น" วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ไพโรจน์ ตรีรณธนากุล. 2528. **ไมโครคอมพิวเตอร์ประยุกต์ทางการศึกษา.** กรุงเทพมหานคร : สหมิตร ออฟเซท.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภัทราวดี ไชยมงคล. 2546. **เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง**. โครงการสอนรายวิชา. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี.

วีระ ไทยพานิช. 2527. "บทบาทและปัญหาการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน." รวมบทความเทคโนโลยีทางการศึกษา. ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา กรมการศึกษานอกโรงเรียน.

รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2535. **วิธีวิจัยทางการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ภาพพิมพ์.

ศิโรจน์ ชมบุญ. 2543. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องพระราชบัญญัติควบคุมอาคารสูงและอาคารใหญ่พิเศษ." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุพิทย์ กาญจนพันธุ์. 2541. รวมศัพท์เทคโนโลยีและการสื่อสารเพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528. เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

อุดม นิลรัตน์สุวรรณ. 2543. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ประวัติศาสตร์ศิลป์ 4 เรื่อง ลัทธิคิวบิสม์." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Alessi, Stephen M. and Trollip, Stanly R. 1985. Computered-Based Instruction. New Jersey : Prentice – Hall, Inc

Golas, K. C. "The Formative Evaluation of Computer – Assisted Instruction. 1983." **Educational Technology.** 23(1) : 26-28, January

Smith, Patricia L. and Barbara Ann Boyce. 1984. "Instructional Design Considerations in the Development of Computer-Assisted Instruction." **Educational Technology.** 24Z7X : 5-11, July

Spencer, Donal D. 1980. **The Illustrated Computer Dictionary.** Columbus OhioCharles E. Merrill Publiching Company.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- ภาคผนวก ข บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง
- ภาคผนวก ค จุดประสงค์การเรียนรู้
- ภาคผนวก ง แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน
- ภาคผนวก จ ผลการประเมินคุณภาพสื่อการสอนของผู้ทรงคุณวุฒิ
- ภาคผนวก ฉ การคำนวณค่าสถิติที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเนื้อหา)
เรื่อง เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน

เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง	ระดับความคิดเห็น				
รายการประเมิน	ดีมาก (5)	ดี (4)	ปานกลาง (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์					
2. ความเหมาะสมของการใช้ภาษา					
3. การแบ่งเนื้อหามีความเหมาะสม					
4. เนื้อหามีความถูกต้องเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน					
5. ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา					
6. ความเหมาะสมของลำดับของการนำเสนอเนื้อหา					
7. ความเหมาะสมของภาพในด้านการสื่อความหมาย					
8. บทเรียนสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนทั่ว ๆ ไปได้					

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)
เรื่อง เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน

เรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง	**ระดับความคิดเห็น**				
รายการประเมิน	**ดีมาก** (5)	**ดี** (4)	**ปานกลาง** (3)	**พอใช้** (2)	**ควรปรับปรุง** (1)
1. การวางรูปแบบของหน้าจอ					
2. ความเหมาะสมของการใช้ภาษา					
3. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร โดยภาพรวม					
4. ความเหมาะสมของสีตัวอักษรที่ใช้ โดยภาพรวม					
5. ความเหมาะสมของกราฟฟิก					
6. ความเหมาะสมของเสียงที่ใช้ในบทเรียน					
7. บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน					
8. การป้อนกลับ (Feedback) ต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม					
9. การออกแบบข้อความได้สวยงามและเร้าใจ					
10. ความเหมาะสมของเอนิเมชั่น					
11. ความเหมาะสมของเสียงและจังหวะ					
12. ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับปริมาณของเนื้อหา					
13. ความรวดเร็วในการออกจากโปรแกรมและสามารถกลับมาเรียนที่ตำแหน่งเดิม					
14. ความเหมาะสมในรูปแบบ หรือวิธีการนำเสนอชัดเจนและขั้นตอนเหมาะสม					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเด่นของบทเรียน.....

.....

จุดบกพร่องของบทเรียน.....

.....

ข้อเสนอแนะ.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหาวิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง (ภัทราวดี ศิริวรรณ. 2546)

หน่วยที่ 1 การเตรียมงานก่อสร้างอาคาร

งานเตรียมการเบื้องต้นทั่วไป

ในหมวดนี้ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น มักจะเกี่ยวเนื่องกับสิ่งจำเป็นสำหรับการบริหารและควบคุมโครงสร้าง ซึ่งต้องจัดทำขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกสบายแก่ผู้ปฏิบัติงาน หรือเพื่อให้การลำเลียงขนส่งหรือย้ายเข้าออกได้สะดวก ซึ่งวัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการก่อสร้างรวมทั้งการติดตั้งเครื่องมือเครื่องทุ่นแรง และเครื่องจักรที่จำเป็นสำหรับประกอบการก่อสร้างอาคารนั้น ๆ ในการวิเคราะห์เพื่อกำหนดราคาผู้วิเคราะห์จะต้องทำรายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งจำเป็นดังกล่าว โดยอาศัยข้อมูลจากการไปสำรวจสถานที่ก่อสร้าง ความต้องการของเจ้าของงานที่จะให้ผู้สร้างจัดหาสิ่งอำนวยความสะดวกสบายให้แก่บุคลากรของเจ้าของที่จะเข้ามาควบคุมงาน สิ่งจำเป็นสำหรับผู้สร้างจะใช้ดำเนินการ หรือจัดหางบประมาณในขั้นดำเนินการก่อสร้างจริง ในหมวดนี้จึงประกอบด้วยงานเตรียมการและงานจัดเตรียมในสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. **การอำนวยความสะดวกแก่ผู้จ้าง**

ในขั้นตอนการดำเนินการก่อสร้างจริงจะต้องมีคณะบุคคลทั้งของฝ่ายผู้ว่าจ้างอันประกอบด้วยผู้ควบคุมงาน ผู้รับจ้างช่วงที่กำหนด คณะกรรมการตรวจการจ้าง และฝ่ายผู้รับจ้าง ซึ่งประกอบด้วยบุคลากรที่ทำหน้าที่ควบคุมดำเนินการ ช่างและคนงาน ผู้รับจ้างช่วงฝ่ายผู้รับจ้างรวมทั้งผู้จัดส่งวัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้าง ทั้งสองฝ่ายเข้าประจำในเขตงานเพื่อปฏิบัติหน้าที่ตามความรับผิดชอบจำเป็นต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกและโรงเรือนชั่วคราว และสาธารณูปโภคที่จำเป็นของชีวิต ในรายการหรือเงื่อนไขที่ออกโดยเจ้าของงาน จึงได้กำหนดแนวทางให้ผู้รับจ้างจัดทำและจัดหาสิ่งต่าง ๆ ให้ฝ่ายผู้ว่าจ้างไว้แน่นอน สำหรับงานก่อสร้างอาคารมักจะประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1.1 สำนักงานชั่วคราวที่มักจะระบุขนาดหรือมีแบบรูปให้ไว้ด้วยเพียบพร้อมด้วยสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ไฟฟ้า น้ำประปา ระบบปรับอากาศ และโทรศัพท์ (ถ้ามีในเขตนั้น ถ้าไม่มีอาจกำหนดเป็นวิทยุโทรศัพท์) รวมทั้งครุภัณฑ์ที่จำเป็นพร้อมบริบูรณ์ พร้อมคนทำความสะอาดประจำ

1.2 บางโครงการระบุให้จัดพาหนะโดยกำหนดขนาดของรถยนต์ และน้ำมันเชื้อเพลิงรวมทั้งคนขับสำหรับผู้ตรวจและควบคุมงานใช้ระหว่างเวลาปฏิบัติงาน ในการกำหนดให้จัดหาพาหนะดังกล่าวนี้ มักจะมีข้อกำหนดการใช้ด้วยระยะทางโดยประมาณ

1.3 บางโครงการ ผู้ว่าจ้างอาจกำหนดให้จัดสร้างบ้านพักชั่วคราวพร้อมด้วยสิ่งอำนวยความสะดวกให้กับกลุ่มผู้ควบคุมงานพักอาศัย เพื่อปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 เมื่อให้จัดตาม 1.3 ก็มักจะกำหนดให้ผู้รับจ้างจัดหาอาคารให้คณะผู้ควบคุมงานฝ่ายเจ้าของ และคนทำความสะอาดประจำไว้ด้วยตลอดเวลาตามสัญญา

2. **โครงสร้างชั่วคราว** (Temporary Structure)

ความจำเป็นในการใช้โครงสร้างชั่วคราวเพื่ออำนวยความสะดวกให้การก่อสร้างสำเร็จลงด้วยดี สำหรับอาคารมีหลายชนิด ตั้งแต่การตัดถนนหรือทำทางขนส่งเข้าออก สะพานชั่วคราวนั่งร้านหรือสิ่งรองรับเครื่องทุ่นแรง หรือเครื่องมือหรืออุปกรณ์ประกอบการสร้าง ทุ่นลอยน้ำ ราวกันตก สะพานสำหรับปฏิบัติงานภายนอกอาคาร สิ่งป้องกันความเสียหายอาคารข้างเคียง จนกระทั่งถึงโครงสร้าง ค.ส.ล. หรือเหล็กที่จำเป็นต้องกระทำแบบถาวรแต่ใช้เป็นการชั่วคราวเมื่องานก่อสร้างจริงเสร็จแล้วต้องรื้อถอนออกไป

สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะต้องกำหนดรูปแบบให้แน่นอนก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ราคา สิ่งที่ต้องนำมาเป็นฐานสำหรับพิจารณาเพื่อวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างจะแตกต่างกันแต่ละงาน หรือ แต่ละโครงการ ถึงอย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างโครงสร้างชั่วคราวผู้วิเคราะห์มักจะต้องพิจารณาถึงข้อมูลจากสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ คือ

(1) รูปแบบและลักษณะของสิ่งก่อสร้างหรือโครงสร้างชั่วคราว
(2) การประกอบติดตั้ง
(3) การรื้อถอน
(4) ราคาโครงสร้างชั่วคราวบางประเภทที่ให้เช่าเปรียบเทียบกับสร้างเอง
(5) ราคาวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้
(6) จำนวนหรือปริมาณของงานโครงสร้างหรือสิ่งก่อสร้างชั่วคราว
(7) จุดที่จะสร้างหรือติดตั้ง
(8) สภาพของพื้นที่
(9) การนำเอาไปใช้ต่อไปเมื่อหมดความจำเป็นในงานนี้แล้ว

การวิเคราะห์จะเริ่มจากการสำรวจปริมาณ พิจารณาวิธีการก่อสร้าง การประกอบติดตั้งหรือรื้อถอน และข้อวินิจฉัยด้านการนำไปใช้ในงานอื่น (Reuse) เป็นสำคัญของแต่ละชนิดของโครงสร้างหรือสิ่งก่อสร้างชั่วคราว เช่น ในงานก่อสร้างอาคารโครงการหนึ่งจะต้องตัดถนนผิวแข็ง เพื่อลำเลียงวัสดุอุปกรณ์ตลอดใช้เพื่อการสัญจรไปมา ยาวประมาณ 600 เมตร บนสภาพพื้นที่ที่มีความแน่นอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก ผลการสำรวจตรวจสอบสถานที่และระดับน้ำแล้วจะต้องทำถนนเส้นนี้สูง 1.00 เมตร และสามารถสร้างทับแนวถนนที่จะต้องสร้างถาวรตามสัญญาได้ด้วย แต่ถนนถาวรตามสัญญากว้าง 12.00 เมตร ผิวจราจรเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก

จากข้อมูลดังกล่าว สมควรที่จะทำถนนชั่วคราวให้ทับกับถนนถาวรโดยทำให้กว้างเท่ากันส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล่างจากผิวถนนควรทำเหมือนกับที่แบบถนนถาวรกำหนดไว้ นอกจากผิวบนยังไม่เทคอนกรีตคงลงแต่ลูกรังบดอัดแน่น หนา 0.20 ซม.ไว้ ในระหว่างที่งานก่อสร้างส่วนใหญ่ยังไม่เสร็จเมื่อได้ตัดสินใจเช่นนี้แล้วผู้วิเคราะห์

เมื่อได้ตัดสินใจกำหนดวิธีการและราคาสำหรับถนนชั่วคราวในลักษณะนี้ ผู้วิเคราะห์ราคาจำเป็นต้องกำหนดราคาค่าทำถนนถาวรโดยคิดว่า ฐานรองรับถนนถาวรนั้นได้ทำเสร็จไปแล้วเพียงแต่คิดค่าซ่อมแซมปรับปรุงส่วนที่เสียหายเนื่องจากการใช้สอยในระหว่างการก่อสร้างเท่านั้นจะคิดอย่างไรเป็นเงินเท่าไร ขึ้นอยู่กับดุลพินิจของผู้วิเคราะห์ราคาและสภาพของถนนชั่วคราวที่คิดว่าจะอยู่ในลักษณะเมื่อใช้งานแล้ว

3. **สิ่งปลูกสร้างชั่วคราวและบริการสาธารณูปโภคประจำสถานที่ก่อสร้าง สำหรับดำเนินการและควบคุมงานก่อสร้างของผู้รับจ้าง**

ส่วนประกอบสำคัญอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการอยู่อาศัย หรือใช้เป็นสถานที่บริหารงานและปฏิบัติงาน คือ โรงเรือนที่ปลูกสร้างขึ้นเป็นการชั่วคราว ในส่วนของผู้ว่าจ้างได้บรรยายไว้แล้วส่วนของผู้รับจ้างหรือผู้รับเหมาช่วงของผู้รับจ้าง มีลักษณะคล้ายของผู้ว่าจ้าง แต่มีจำนวนหรือปริมาณที่มากกว่า

ส่วนของผู้รับจ้างและผู้รับจ้างช่วง มีลักษณะคล้ายของผู้ว่าจ้าง แต่มีจำนวนหรือปริมาณที่มากกว่าส่วนของผู้รับจ้างและผู้รับจ้างช่วง ส่วนมากมักจะประกอบไปด้วยสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(1) สำนักงานชั่วคราวซึ่งมีขนาดที่เหมาะกับทีมงานของผู้รับจ้างที่จะใช้ปฏิบัติหน้าที่ต่าง ๆ กันรวมทั้งห้องประชุม ห้องสุขา และห้องเตรียมอาหาร และส่วนรับประทานอาหาร

(2) ครุภัณฑ์ที่จำเป็นสำหรับสำนักงานชั่วคราว

(3) พนักงานทำความสะอาดและดูแลบริเวณโรงเรือนชั่วคราว

(4) สาธารณูปโภค เช่น น้ำประปา ไฟฟ้า การติดต่อสื่อสาร และงานสุขาภิบาลอื่นๆ เช่น ระบบกำจัดสิ่งโสโครก เป็นต้น

(5) โรงเก็บพัสดุมีค่า

(6) โรงงานสำหรับประกอบหรือเตรียมการด้านวัสดุอุปกรณ์

(7) โรงงานซ่อมสร้าง บำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องทุ่นแรงและเครื่องจักร

(8) โรงเก็บวัสดุหนัก

(9) โรงเก็บซีเมนต์ หรือ ยุ้งสำหรับซีเมนต์ผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละรายการดังกล่าวนี้ สมควรทำการจัดวางลงในแบบผังบริเวณที่ก่อสร้าง เพื่อให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างการใช้สอย และการก่อสร้าง และเพื่อไม่ให้ต้องรื้อย้ายหรือเกิดความเสียหายเนื่องมาจากการเหลื่อมทับกัน อาคารที่จะสร้างหรือการทับทำลายของยวดยาน โดยเฉพาะงานสาธารณูปโภคชั่วคราวและบริการสาธารณูปโภคนี้ขึ้นอยู่กับขนาดขอบเขตของงาน และสถานที่ที่จะอำนวยความสะดวกให้ ในการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่บางโครงการไม่มีแม้สถานที่สำนักงานชั่วคราวในเขตนี้ก่อสร้าง ผู้รับจ้างต้องจัดหาเช่าที่ดินใกล้เคียงสร้างสำนักงานและสิ่งจำเป็น โดยต้องตัดสิ่งปลูกสร้างบางหลังออก จนเมื่อได้ทำการก่อสร้างเสร็จไปถึงขั้นหนึ่งจึงได้ย้ายศูนย์ควบคุมและดำเนินงานตลอดจนสิ่งปลูกสร้างชั่วคราวไปไว้ในโครงสร้างอาคารที่เสร็จแล้วก็มีเป็นจำนวนไม่น้อย ราคาที่วิเคราะห์ในเรื่องนี้จึงจะกระทำได้ เมื่อได้จัดทุกอย่างให้คล้อยตามหรือเข้ากับสภาพแวดล้อม โดยการวางแผนไว้ล่วงหน้าแล้ว

4. **การปฐมพยาบาล**

ในข้อกำหนดของกฎหมาย แรงงาน ได้ระบุให้จัดให้มีการปฐมพยาบาลในบริเวณสถานที่ก่อสร้างเพื่อช่วยเหลือปฐมพยาบาลคนงานที่ได้รับอันตราย หรือเจ็บป่วยเล็กน้อย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดให้มีห้องปฐมพยาบาลขึ้นโดยเฉพาะ และแยกส่วนออกไปจากส่วนอื่น หรืออาจรวมอยู่ในสำนักงานชั่วคราวก็ได้ ภายในส่วนหรือภายในห้องควรมีเตียงนอน หรือเครื่องเวชภัณฑ์ที่จำเป็นในการใช้ปฐมพยาบาลและจ่ายยาสามัญไว้อย่างพร้อมมูล ในการวิเคราะห์ราคา ก็คงต้องคิดค่าสร้างห้องเตียงนอน เวชภัณฑ์และสิ่งจำเป็นในการปฐมพยาบาลเมื่อเกิดบาดเจ็บหรือป่วยไข้เท่านั้น ในด้านเวชภัณฑ์สิ่งจำเป็นนั้นต้องคำนึงปริมาณคนงาน ช่างและผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างและระยะเวลาสำหรับการก่อสร้างด้วย เพื่อจะใช้เป็นฐานคำนวณค่าเวชภัณฑ์สามัญที่ต้องจัดหาไว้ตลอดเวลาจนงานก่อสร้างเสร็จ

5. **ที่พักอาศัยของคนงาน**

งานก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร หรือในเขตเมืองสำคัญ ๆ ของประเทศ ช่างและแรงงานอันเป็นปัจจัยสำคัญของการก่อสร้าง ส่วนใหญ่มักจะมีถิ่นฐานถาวรอยู่ที่อื่นหรือห่างไกลต่อจุดที่จะทำการก่อสร้างมาก ซึ่งเป็นภาระในค่าใช้จ่ายเดินทางและมีความล่าช้าเสียเวลา เนื่องจากปัญหาการจราจรในเขตชุมชนหนาแน่น เพื่อที่ให้เกิดความสะดวกและให้จำนวนช่างและแรงงานมีประจำพอเพียงที่จะปฏิบัติงานก่อสร้างที่ต้องแข่งกับเวลาและค่าใช้จ่าย ผู้รับจ้างหรือผู้สร้างส่วนมากจะต้องจัดให้มีที่พักและสิ่งอำนวยความสะดวกประจำชีวิต ให้แก่คนงานและช่างที่เดินทางมาจากถิ่นต่าง ๆ รวมทั้งอาจต้องจัดให้มีเงินกองทุนเพื่อให้คนงานหรือช่างเหล่านี้หยิบยืมหรือรับสำรองล่วงหน้าด้วย สิ่ง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล่านี้ผู้รับจ้างหรือผู้สร้างเป็นผู้จัดขึ้นเพื่อให้งานก่อสร้างของตนกระทำได้ตามกำหนดเวลาและเงื่อนไขของผู้ว่าจ้าง

ในการจัดเรื่องที่พักและสิ่งอำนวยความสะดวกประจำชีวิตของคนงานและช่างต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ ผู้สร้างอาจทำได้ 2 ลักษณะ คือ

5.1 **จัดให้อยู่ในเขตงานก่อสร้าง**

ค่าใช้จ่ายในการนี้จำเป็นต้องคิดจากข้อมูล ดังนี้คือ

(1) จำนวนผู้ที่จะเข้าพักอาศัย ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญเกี่ยวกับเนื้อที่และห้องพัก และจำนวนอาคารที่สมควรจัดสร้าง

(2) ความเป็นครอบครัว ถ้ามีครอบครัวก็ต้องกั้นห้องมาก ถ้าเป็นโสดก็อาจอยู่ในห้องโถง การกั้นห้องก็น้อย เป็นผลให้ค่าก่อสร้างแพงหรือถูก

(3) ระยะทางจากที่พักถึงจุดที่จะก่อสร้าง เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการขนย้ายคนงานและเครื่องมือประจำกาย ถ้าอยู่ในระยะทางที่เดินไป – กลับได้ก็เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าต้องใช้ยานยนต์ขน

(4) สภาพภูมิประเทศที่จะสร้างที่พักอาศัย ถ้าอยู่ในที่ดอนได้ก็จะเสียค่าใช้จ่ายถูกกว่าอยู่ที่ลุ่ม และถ้าอยู่ใกล้แม่น้ำ หนองน้ำ ลำคลองที่มีน้ำตลอกปีก็จะทุ่นค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับน้ำใช้อาบกิน

(5) สภาพดินฟ้าอากาศ ถ้าเป็นถิ่นที่มีฝนตกชุกมาก โรงเรือนชั่วคราวก็จะต้องสร้างให้สามารถคุ้มฟ้าคุ้มฝนและทนทานต่อพายุหรือลมแรงได้อย่างมั่นคงแข็งแรง แต่ถ้าเป็นที่ถิ่นแล้งก็อาจต้องออกแบบให้มีลักษณะโปร่ง ซึ่งแบบที่เข้ากับสภาพดินฟ้าอากาศต่าง ๆ กันจะมีราคาผิดกัน

(6) ประเภทของโรงเรือนที่จำเป็น เช่น ที่อาบน้ำ ห้องส้วม ที่ทิ้งขยะ ทางระบายน้ำ โรงอาหาร เป็นต้น ผู้วิเคราะห์ต้องตรวจสอบเงื่อนไขของผู้ว่าจ้างหรือใช้วิจารณญานเองว่า สมควรจะจัดให้มีสิ่งใดบ้างตามที่ชีวิตมนุษย์พึงต้องการ

(7) สาธารณูปโภคที่จำเป็น เช่น น้ำใช้ ไฟฟ้า

5.2 **จัดให้อยู่ภายนอกเขตงานก่อสร้าง**

งานก่อสร้างบางโครงการผู้ว่าจ้างมีข้อกำหนดไว้ไม่ยอมให้ผู้รับจ้างหรือผู้สร้างจัดที่พักคนงานและช่างไว้ในเขตงาน หรือในบางโครงการไม่มีสถานที่พอที่จะทำได้ จำเป็นต้องจัดหาสถานที่ภายนอกเพื่อสร้างที่พักและสิ่งที่จำเป็นของคนงานหรือช่าง ในการนี้จะต้องคิดค่าเช่าผนวกเข้าไปด้วย ในราคาที่วิเคราะห์และกำหนดไว้ตามตัวอย่างในข้อ (5.1) และถ้าที่ภายนอกอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถเดินไป – กลับได้โดยไม่เสียเวลามากนัก ค่าพาหนะขนส่งก็ไม่จำเป็นต้องจัดแต่ถ้าระยะทางไกลเกินไป ก็จำเป็นต้องจัด **รถขนคนงาน** ไว้ด้วย ซึ่งถ้าต้องปฏิบัติเช่นนี้จะต้องคิด ค่ารถยนต์ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและหล่อลื่น ค่าบำรุงรักษาและซ่อมแซม รวมทั้งเงินค่าจ้างคนขับรถด้วย ส่วนจำนวนรถจะมากน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงใดขึ้นอยู่กับจำนวนคนงานและระยะทาง รวมทั้งปัญหาการจราจร ซึ่งดุลพินิจของผู้วิเคราะห์ราคาที่รอบคอบจุช่วยให้ค่าใช้จ่ายอยู่ในสภาพใกล้เคียงได้

ถ้าในงานอาคารสูงที่สร้างในเนื้อที่จำกัด มีเนื้อที่ว่างสำหรับการติดตั้งเครื่องมือเครื่องจักร และปฏิบัติงานเท่านั้น ไม่มีเนื้อที่สำหรับสร้างที่พักอาศัยของคนงานเลย ในกรณีนี้อาจต้องวางแผนให้การก่อสร้างให้เสร็จในส่วนใดส่วนหนึ่งก่อนโดยเร็ว เช่นที่จอดรถยนต์ เป็นต้น เพื่อใช้เนื้อที่ของอาคารถาวรที่ก่อสร้างเสร็จไปแล้ว (เฉพาะโครงสร้าง) นั้น เป็นที่อยู่อาศัยของคนงานหรือช่างในการนี้ราคาค่าก่อสร้างจะถูกลงกว่าการจัดให้อยู่ภายนอกทั้งหมด เพราะอาจเช่าที่และจัดสร้างที่พักในระยะสั้นและให้สามารถรื้อย้ายเข้าไปประกอบใหม่ในอาคารที่เสร็จแล้วได้โดยง่าย การวางแผนให้เหมาะกับสภาพเช่นนี้เป็นสิ่งที่ต้องกระทำก่อน

6. การเตรียมการด้านบุคลากรสำหรับผู้รับจ้าง

หน้าที่ควบคุมและดำเนินการก่อสร้างในเขตที่ทำการตกเป็นของบุคคลกลุ่มหนึ่งซึ่งประกอบด้วย ผู้มีวิชาชีพหลายสาขารวมกันเป็นองค์บริหารและควบคุมให้งานก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยตามสัญญาที่ผู้รับจ้างได้ทำไว้ต่อผู้ว่าจ้าง บุคคลกลุ่มนี้จะประกอบด้วยใครบ้าง มีจำนวนมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะ ขนาด ขอบเขตของงานที่จะสร้าง โดยปรกติจำนวนบุคคลตลอดจนหน้าที่รับผิดชอบและรายการบังคับบัญชา มักจะแสดงไว้เป็นหลักฐานด้วยวิธีใดที่ง่ายที่สุดและทุกคนที่ดูสามารถเข้าใจได้โดยไม่ต้องอธิบาย ในเรื่องบุคลากรของฝ่ายผู้รับจ้างนี้ โดยทั่วไปจะแยกได้เป็น 3 กลุ่มคือ

1) กลุ่มประจำองค์การของผู้รับจ้าง ซึ่งมีหน้าที่บริหาร จัดการและควบคุมดำเนินการงานทุกขั้นตอนให้การก่อสร้างเป็นไปโดยรวดเร็ว ประหยัดและมีคุณภาพ

2) กลุ่มช่างและคนงานทั่วไป โดยปกติมักจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่อยู่ภายใต้ผู้รับเหมาช่วงแรงงานด้านต่าง ๆ ซึ่งจะมีหัวหน้ากลุ่มเป็นตัวติดต่อและประสานงานกับกลุ่มที่ (1) อีกกลุ่มนั้น คือ กลุ่มที่ขึ้นตรงต่อผู้รับจ้างซึ่งถือว่าผู้รับจ้างทำการจ้างให้เกลุ่มนี้ทำงานโดยตรงไม่ผ่านผู้รับเหมาช่วงแรงงานเหมือนที่กล่าวมาแล้ว ในการพิจารณาจำนวนและคุณสมบัติของบุคลากรในกลุ่มที่ (1) จะต้องทราบโดยแน่ชัดว่าในการสร้างโครงการนี้จะใช้ระบบเหมาช่วงแรงงานเป็นส่วน ๆ ตามที่แต่ละกลุ่มถนัด หรือจะจ้างแรงงานนั้นเองโดยไม่เหมาช่วงเสียก่อนเพราะถ้าทำการเหมาช่วงหัวหน้าคนงานก็อาจให้ผู้รับเหมาช่วงจัดมาทางผู้รับจ้างเพียงแต่จัดช่างเทคนิคด้านต่างๆไว้ช่วยดูแลและควบคุมตรวจตราการปฏิบัติงานขั้นตอนต่าง ๆ ร่วมด้วยแต่หากผู้รับจ้างหรือผู้สร้างต้องการจ้างแรงงานหรือช่างให้ทำงานก่อสร้างโดยตรง ก็จำเป็นต้องจัดหัวหน้าคนงานที่มีประสิทธิภาพและจำนวนมากพอเพื่อควบคุมและดำเนินการ เป็นผู้ชี้แนะและกำหนดการให้ช่างและคนงานทำงาน

3) กลุ่มผู้ชำนาญพิเศษ หรือผู้รับเหมาช่วงงานชำนาญพิเศษ กลุ่มนี้มักจะเป็นผู้รับเหมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงทั้งค่าวัสดุอุปกรณ์และแรงงานที่เกี่ยวกับระบบต่าง ๆ ที่ต้องใช้เทคนิคโดยเฉพาะ เช่น งานระบบไฟฟ้า งานระบบสุขาภิบาล งานระบบปรับอากาศ งานระบบลิฟท์ งานระบบสัญญาณต่าง ๆ เป็นต้น กลุ่มนี้ถ้าการจ้างนั้นเป็นการจ้างเหมาแบบรวมส่วนก็จะขึ้นกับผู้รับจ้างโดยตรง แต่หากเป็นการจ้างในระบบแยกส่วน ฝ่ายผู้ว่าจ้างจะจัดจ้างเองแต่มีเงื่อนไขให้อยู่ในความควบคุมดูแลของผู้รับจ้าง ผู้รับจ้างจะมีฐานะเป็นผู้ประสานงานและให้ความร่วมมือโดยมีเงื่อนไขข้อกำหนดประกอบการก่อสร้างเป็นบรรทัดฐานในการปฏิบัติอย่างไรก็ตาม ในการดำเนินงานก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ที่เพียบพร้อมด้วยระบบที่จำเป็นต่าง ๆ ผู้รับจ้างมักจะมีบุคลากรทำหน้าที่ต่างกันดังนี้

1) ผู้จัดการโครงการ หรือ ผู้ควบคุมโครงการ
2) วิศวกร แขนงต่าง ๆ ตามขนาดขอบเขตของงาน
3) ช่างเทคนิค, หัวหน้าช่างและคนงาน
4) พนักงานด้านธุรการ บัญชี การเงิน บุคคล พัสดุ
5) พนักงานใช้, ควบคุมเครื่องมือ, เครื่องจักร และซ่อมสร้าง
6) คนงานทั่วไป
7) ผู้รับเหมาช่วง

7. การจัดเตรียมเครื่องมือ เครื่องทุ่นแรงและเครื่องจักรและสิ่งที่เกี่ยวเนื่องกัน

ด้านเครื่องมือ เครื่องจักร ที่นำมาใช้ประกอบการสร้างก็เป็นอีกเรื่องหนึ่งที่เป็นผลต่อราคาและการดำเนินงานก่อสร้างอาคารมาก จากการวิเคราะห์รูปแบบรายการ และกำหนดวิธีการก่อสร้างในขั้นตอนแรกผู้วิเคราะห์จะกำหนด เครื่องมือเครื่องทุ่น และเครื่องจักรที่จะนำมาใช้พร้อมกับกำหนดที่ตั้งไว้แน่นอน ผู้วิเคราะห์ราคาจะต้องขอข้อมูลเกี่ยวกับราคาค่าซื้อ ค่าเช่าหรือ ค่าทำหรือผลิตงานต่อหน่วยที่บรรดาเครื่องมือเครื่องจักรนั้นมีอยู่ตามบัญชีของผู้รับจ้างหรือผู้สร้าง เพื่อนำมากำหนดค่าใช้จ่ายที่จะคิดจากงานที่สร้างนั้น การซื้อเครื่องมือเครื่องจักรสำหรับใช้ในงานก่อสร้าง เช่น ปั้นจั่นยกของตั้งพื้น (Tower Crane) เครื่องผสมคอนกรีตสำเร็จรูป (Automatic ready mixed plant) รถขนดิน ปั้มคอนกรีต เป็นการลงทุนในงานหลายงานไม่ใช่งานเดียวเครื่องทุกชนิดมีอายุการใช้งานและมีค่าเสื่อมราคา ค่าซ่อมบำรุงรักษา ค่าอะไหล่ ค่าอุปกรณ์ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงหรือพลังงาน และค่าผู้ใช้เครื่องเหล่านั้น การจะซื้อจึงต้องคำนึงถึงเรื่องนี้โดยเฉพาะอายุการใช้งาน หรืออายุของมูลค่าของเครื่องเหล่านั้น ทางด้านบัญชีจะต้องมีบัญชีเครื่องมือเครื่องจักรรวมทั้งค่าทำงานหรือค่าผลิตที่กำหนดขึ้นตามกรรมวิธีของบัญชีเป็นปี ๆ ไปซึ่งผู้วิเคราะห์ราคาจะสามารถนำมากำหนดค่าใช้จ่ายได้

ในการใช้พลังงานในการก่อสร้างอาคารนั้น ไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นส่วนสำคัญยิ่ง โดยเฉพาะอาคารสูงที่มีเครื่องมือเครื่องจักรอยู่มาก นอกจากนี้ระบบน้ำใช้และแหล่งน้ำใช้ยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความจำเป็นและสำคัญยิ่ง โดยเฉพาะอาคารสูงที่มีเครื่องจักรอยู่มาก นอกจากนี้ระบบน้ำใช้

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ในทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และแหล่งน้ำใช้ยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความจำเป็นและสำคัญไม่ยิ่งหย่อนกว่ากัน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะสามารถหาได้ในท้องถิ่น หรืออาจต้องทำขึ้น เช่น อาจต้องมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้เอง ซึ่งต้องทำการเดินสายนอกเป็นเครือข่ายแจกจ่ายไปตามจุดต่าง ๆ หรืออาจต้องขุดเจาะน้ำบาดาลขึ้นใช้เอง ถ้ามีประปาสาธารณะก็ต้องขออนุญาตต่อน้ำและค่าท่อพร้อมอุปกรณ์ภายนอกที่จะจ่ายไปสู่ที่ต้องการในเขตงาน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ผู้วิเคราะห์ราคาจะต้องพิจารณาให้รอบคอบ การวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบสถานที่ก่อสร้างจะเป็นส่วนช่วยให้มีความใกล้เคียงมากยิ่งขึ้น

ในด้านการสื่อสารในเขตงาน ถ้าเป็นงานสร้างอาคารเป็นกลุ่มหลายอาคาร หรืออาคารสูงมาก ระบบสื่อสาร เช่นโทรศัพท์ภายในหรือวิทยุมือถือ จำเป็นต้องจัดขึ้น โดยเฉพาะงานที่ติดตั้งเครื่องมือเครื่องจักร ความสัมพันธ์ในการปฏิบัติงานรวมทั้งการประหยัดเวลา และพลังงานจะเกิดขึ้นโดยการใช้เครื่องสื่อสารภายในเป็นเครื่องสื่อข่าว

8. ป้ายแสดงโครงการ ณ สถานที่ก่อสร้าง

เพื่อเป็นการสื่อข่าวและแจ้งรายละเอียดที่น่าสนใจต่อสาธารณชน ทั้งที่อยู่ใกล้เคียง และสัญจรผ่านไปมา ผู้สร้างมักจะต้องจัดตั้งป้ายแสดงโครงการขึ้นในจุดที่เหมาะสม ณ สถานที่ก่อสร้างในการนี้ถ้าเป็นงานขนาดใหญ่เจ้าของมักจะกำหนดรายละเอียดพร้อมทั้งข้อความที่จะบรรจุลงในแผ่นป้ายนี้ไว้ แต่หากว่าเจ้าของหรือผู้ว่าจ้างไม่ได้กำหนดไว้ ผู้รับจ้างหรือผู้สร้างก็ควรพิจารณาเองว่าสมควรจะต้องมีป้ายแสดงโครงการก่อสร้างหรือไม่ สาระสำคัญที่จะปรากฏในแผ่นป้ายนี้มักจะแจ้งให้ผู้อ่านทราบว่าการก่อสร้างที่ทำอยู่นี้เป็นโครงการอะไร ใครเป็นเจ้าของ ใครเป็นผู้ออกแบบและควบคุมงาน ใครเป็นผู้รับเหมาก่อสร้าง รวมทั้งมูลค่าก่อสร้างและกำหนดระยะเวลาเสร็จตามสัญญาของโครงการในการกำหนดราคาป้ายแสดงโครงการ ผู้กำหนดจำเป็นต้องทราบสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

(1) ขนาดของแผ่นป้าย ซึ่งเกี่ยวข้องกันกับข้อความที่จะเขียนลงในป้าย

(2) ระยะเวลาที่จะต้องติดป้าย

(3) ระบบโครงสร้างของป้าย ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและระยะเวลาที่ป้ายจะต้องติดตั้งอยู่และสภาพแวดล้อม

(4) จำนวนป้ายที่จะติดตั้ง

(5) วัสดุที่จะทำแผ่นป้าย

(6) แสงสว่างหรือไฟส่องป้ายในเวลาค่ำคืน จะต้องจัดทำหรือไม่อย่างไร

9. การดูแลป้องกันทรัพย์สิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการนำทรัพยากรโดยเฉพาะวัสดุก่อสร้างและเครื่องมือเครื่องจักรซึ่งมีองค์ประกอบและชิ้นส่วนสำคัญมากมาย เข้าไปใช้ในการก่อสร้าง การสูญหายย่อมเกิดขึ้นซึ่งถือเป็นเรื่องปกติธรรมดา แต่ความสูญหายนั้นจะต้องมีน้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้ มาตรการป้องกันจึงจำเป็นต้องจัดให้มีขึ้นและถือเป็นสิ่งสำคัญยิ่งอย่างหนึ่งในธุรกิจด้านนี้

เครื่องประกอบสำคัญที่ถือเป็นมาตรการป้องกันที่ผู้วิเคราะห์ราคาจะต้องทราบก่อนกำหนดค่าใช้จ่ายเพื่อการนี้ ประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ ต่อไปนี้ คือ

(1) รั้วหรือกำแพงรอบบริเวณก่อสร้าง

(2) ระบบโครงสร้างของรั้วหรือกำแพง

(3) ความยาวของรั้วหรือกำแพง

(4) จำนวนป้อมยามและประตูทางเข้าตลอดจนโรงพัสดุสำคัญ

(5) ระบบแสงสว่าง ระบบสื่อสาร และระบบเตือนภัย

(6) จำนวนยามรักษาการ และการจัดการตรวจตราหรือควบคุม

(7) ระยะเวลาที่จะต้องจัดให้มียามรักษาการ

(8) นโยบายของผู้สร้าง หรือเจ้าของงานเกี่ยวกับการจ้างยามรักษาการ

ในเรื่องนโยบายในการจ้างยามรักษาการนั้น มีผลต่อราคาค่าใช้จ่ายเพื่อการนี้มาก เพราะในปัจจุบันนี้ ผู้ว่าจ้างยามมีทางเลือกจ้างได้ระหว่าง การจ้างยามรักษาการและทำการตรวจตราควบคุมเอง หรือจ้างเหมาให้ผู้ให้บริการด้านการรักษาความปลอดภัยและความมั่นคง ซึ่งทำการเป็นล่ำสันในรูปธุรกิจบริการแนวหนึ่งเป็นผู้จัดทำให้ ในการจ้างยามรักษาการแบบหลังนี้ มีข้อดีคือ การสูญหาของวัสดุอุปกรณ์สำคัญบางอย่างจะได้รับการชดเชยตามจำนวนเงินที่ตกลงกันและผู้ทำหน้าที่ยามรักษาการสังกัดองค์การที่จดทะเบียนเป็นหลักฐาน ซึ่งมีระเบียบวินัยและประสิทธิภาพในการปฏิบัติหน้าที่มากกว่า แต่ในส่วนข้อเสียคือ จะต้องจัดสร้างสิ่งป้องกันต่าง ๆ อย่างแข็งแรงตามที่ตกลงกันและมีข้อยุ่งยากในเรื่องการพิสูจน์เมื่อมีเหตุสูญหายขึ้น รวมทั้งต้องเสียค่าใช้จ่ายที่สูงกว่ามากแต่เมื่อคำนึงถึงความสูญหายที่ได้เคยประสบมาแต่ก่อนแล้ว การจ้างเหมาผู้ชำนาญการด้านนี้โดยเฉพาะให้เป็นผู้รับ
ผิดชอบเป็นวิธีการที่ดีและประหยัดกว่าที่ผู้รับจ้างหรือผู้สร้างจัดเอง

10. ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานก่อสร้าง

เรื่องนี้ นอกจากนั่งร้านและโครงสร้างป้องกันอันตรายซึ่งอยู่ในเรื่องของโครงสร้างชั่วคราวแล้ว กฎหมายแรงงานยังได้กำหนดมาตรการด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ช่างฝีมือและคนงานตลอดบุคคลภายนอกที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างไว้ด้วย สิ่งที่กฎหมายได้กำหนดด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงานส่วนมากมักจะเกี่ยวกับการสวมหมวกแข็ง รองเท้ายาง ถุงมือและสิ่งป้องกัน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันตรายเฉพาะงานต่าง ๆ ที่ช่างและคนงานจะต้องปฏิบัติ ผู้วิเคราะห์และกำหนดราคาจะต้องทำความเข้าใจและปฏิบัติโดยเคร่งครัด เพราะงานขนาดใหญ่สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้มีมูลค่าไม่น้อย

สิ่งสำคัญที่สุดที่ผู้วิเคราะห์ราคาจะต้องทราบ คือ

(1) จำนวนช่าง คนงาน และผู้เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง

(2) ระยะเวลาสำหรับการก่อสร้าง

(3) มาตรฐานหรือข้อกำหนดตามกฎหมายเกี่ยวกับคุณสมบัติของสิ่งป้องกันอันตรายต่าง ๆ เหล่านั้น รวมทั้งชนิดและแบบของสิ่งดังกล่าวด้วย

11. **การทำงานล่วงเวลา หรือเกินระยะเวลาที่กำหนด**

งานก่อสร้างมีกำหนดเวลาทำงานเหมือนกิจการอื่น และถ้าไม่เป็นงานเร่งด่วนพิเศษแล้วความจำเป็นในการทำงานนอกเวลาปกติ เช่น ภายหลัง 17.00 น. ก็มักจะไม่มี นอกจากงานที่กระทำติดพันและไม่สมควรหยุดแม้หมดเวลาปกติแล้วก็ตาม ถ้างานนั้นยังไม่เสร็จ เช่น งานเทคอนกรีต เป็นต้น บางโอกาสได้กำหนดการเทคอนกรีตไว้ในบริเวณหนึ่งและเริ่มตั้งแต่เช้าแต่ในระหว่างเทมีเหตุการณ์บางอย่างเกิดขึ้น ทำให้อัตรางานที่เสร็จไม่เป็นไปตามที่คาดไว้ เมื่อสิ้นเวลาปกติจึงยังไม่เสร็จ จำเป็นต้องเทต่อไปจนหมดส่วนที่กำหนดไว้ ภาวะเช่นนี้จำเป็นต้องคิดค่าล่วงเวลา (Over Time) สำหรับการปฏิบัติงานนั้น ๆ ไว้ด้วย ผู้วิเคราะห์ราคาจะต้องคิดว่าภาวะเช่นนี้ต้องเกิดขึ้นส่วนจะมากน้อยอย่างไร ต้องใช้ประสบการณ์คาดการเอาเองว่าตลอดงานนี้สมควรจะคิดค่าล่วงเวลาของการปฏิบัติงานต่าง ๆ ดังที่ยกเป็นตัวอย่างนี้อย่างไรและเท่าไรแผนงานจะเป็นเครื่องมือช่วยเหลือได้

12. **แบบขยายจริง** (Shop Drawing)

งานก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ แม้แบบรูปและรายการจะมีความละเอียดเพียงใด แบบนั้นก็ยังเป็นแบบที่มีปัญหาในด้านการก่อสร้าง จริงอยู่เพื่อขจัดปัญหาต่าง ๆ ผู้ออกแบบจึงได้เขียนเงื่อนไขให้ผู้สร้างเขียนแบบขยายจริง (แบบปฏิบัติงาน) ในส่วนหรือจุดสำคัญ ๆ ที่มีงานหลายอย่างเกี่ยวพันกันหรือในจุดที่ไม่ได้แสดงไว้ชัดเจนพอในรูปแบบเดิมได้ เป็นภาระของผู้สร้างหรือผู้รับจ้างจะต้องจัดทำแบบขยายจริงนี้เสนอให้ผู้ออกแบบหรือผู้แทนออกแบบให้ความเห็นชอบและเมื่อได้รับความเห็นชอบแล้วจึงจะดำเนินการส่วนนั้นได้ ในการทำแบบปฏิบัติงานนี้ จำเป็นต้องมีบุคคลากรที่ชำนาญและสามารถตัดสินใจในลักษณะเปรียบเทียบราคาค่าใช้จ่ายของแบบขยายจริง ซึ่งกระทำได้หลายรูปแบบนั้นได้ว่า แบบใดดีที่สุดและประหยัดที่สุดทั้งค่าใช้จ่ายและระยะเวลาที่จะใช้ สิ่งสำคัญที่ผู้วิเคราะห์ราคาจะต้องใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดราคาก็คือ

(1) รายละเอียดในเงื่อนไขหรือข้อกำหนดที่ให้ทำแบบขยายจริงที่ระบุไว้โดยฝ่ายออกแบบ

(2) ปริมาณงานและจำนวนบุคลากรที่ต้องใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ระยะเวลาที่ต้องทำแบบขยายจริง

(4) เครื่องมือและอุปกรณ์ทำแบบขยายจริง

(5) วิธีการก่อสร้างหรือการติดตั้งจริง

สำหรับวิธีการก่อสร้างหรือการติดตั้งจริงนี้ จำเป็นต้องทำการเปรียบเทียบทั้งด้านเทคนิคและด้านค่าใช้จ่ายด้วย โดยต้องถือหลักการว่าติดตั้งได้มั่นคงแข็งแรงและเรียบร้อยด้วยราคาที่ประหยัด จากงานที่ประสบมาแบบระบุให้ติดแผ่นซีโลกรีตไว้ใต้พื้นคอนกรีตชั้นดาดฟ้าโดยมีโฟมหนา 3" อยู่ข้างบนแผ่นซีโลกรีต ในเรื่องการระบุถือว่าสมบูรณ์ถูกต้อง แต่ในเรื่องการติดตั้งทำได้หลายวิธีทั้งการใช้หมุดหรือน๊อตยึดห้อยจากพื้น และการใช้โครงเคร่าโลหะรัยแผ่นฝ้าทั้งสองชนิดโดยให้โครงเคร่านั้นยึดโยงกับพื้นคอนกรีตอีกต่อหนึ่ง ในการเขียนแบบขยายจริงจะต้องพิจารณาในแง่เทคนิคการติดตั้งในแง่การประหยัดก่อนที่จะเขียนเสนอไป ในกรณีนี้การใช้โครงเคร่าโลหะห้อยรับแผ่นฝ้าเพดานซีโลกรีตนั้นราคาจะแพงกว่า แบบที่เสนอไปควรใช้วิธียึดติดด้วยน๊อตหากเป็นไปได้ ตัวอย่างที่ยกมานี้มีความประสงค์ให้ข้อคิดแก่ผู้ที่จะวิเคราะห์ราคาในด้านการทำแบบขยายจริง (แบบปฏิบัติงาน) ว่าการเปรียบเทียบในความเป็นไปได้ด้านเทคนิคและความประหยัดเป็นสิ่งที่ต้องยึดถือ หากจำเป็นต้องทำแบบขยายจริงให้เป็นไปได้ตามหลักเกณฑ์นี้แล้ว ราคาค่าก่อสร้างที่กำหนดไว้ก็จะใกล้เคียงกับที่ใช้จ่ายไปจริง

13. **แบบทำจริง** (As-Built Drawing)

แบบลักษณะนี้เป็นผลต่อเนื่องมาจากแบบขยายจริงหรือมีการเปลี่ยนแปลงหักเหไปเป็นแบบที่ทำขึ้นภายหลังจากที่ทำงานในส่วนต่าง ๆ ทั้ง ๆ ที่อยู่เอกเทศและที่เชื่อมโยงต่อเนื่องกันได้เสร็จเรียบร้อยไปแล้ว หากการก่อสร้างส่วนต่าง ๆ ของอาคารเป็นไปตามแบบขยายจริงทุกประการ งานเขียนแบบทำงานเหมือนกับการเขียนแบบขยายจริง จำนวนบุคลากรก็อาจใช้ชุดเดียวกันกับที่เขียนแบบขยายจริงได้ ค่าใช้จ่ายพิเศษนอกเหนือไปก็คงจะเกี่ยวเนื่องกับสิ่งประกอบของแบบที่จริงมากกว่า เพราะงานในระบบอันเป็นส่วนประกอบที่จำเป็นสำหรับอาคารบางอย่าง เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ ระบบสุขาภิบาลจำเป็นต้องนำตัวเลขที่เก็บได้จากการทดสอบระบบ (Commissioning) ต่างๆ นั้นมาลงไว้ในแบบทำจริงนี้ด้วย ค่าใช้จ่ายในการเขียนแบบทำจริงอาจคิดเอาราคาค่าทำการทดสอบระบบมารวมไว้ด้วยก็ได้ ซึ่งสุดแท้แต่ผู้วิเคราะห์ราคาจะตัดสินใจ

ที่บรรยายมาตลอดตอนที่ 1 นี้ เป็นงานเตรียมการซึ่งหลายรายการต้องใช้ประสบการณ์เข้าร่วมตัดสินด้วย แต่ที่สำคัญคือ สถิติด้านการทำงานและราคาที่ผ่านมาจะเป็นตัวการสำคัญที่จะให้ผลวิเคราะห์ในทางใกล้เคียงต่อความเป็นจริงหรือไม่ การที่ต้องใช้สถิติซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่จะให้ผลวิเคราะห์ในทางใกล้เคียงต่อความเป็นจริงหรือไม่ การที่ต้องใช้สถิติซึ่งเป็นตัวเลขที่เก็บได้และ เป็นตัวเลขสำเร็จอันเป็นผลรวมสุดท้ายนั้นก็เพื่อให้การเขียนหน่วยนี้มีความง่ายขึ้นประการหนึ่ง อีกประการหนึ่ง เพื่อให้วงจรของการวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างได้ต่อกันโดยมีจุดเริ่มและจุดจบที่พอใช้

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ห้ามดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ได้ สิ่งสำคัญที่ผู้เขียนสำนึกอยู่เสมอก็คือ ผู้ที่ศึกษาในแขนงวิชานี้มีพื้นฐานที่ค่อนข้างดีแล้วทั้งงานควบคุมการก่อสร้างและงานประมาณราคา ทุกคนจึงพอจะมีสถิติหรือสามารถเสาะหาสถิติต่าง ๆ เกี่ยวกับการปฏิบัติงานและราคามาประกอบการวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างได้ ตัวเลขทุกตัวที่แสดงไว้ทั้งหมดนี้เป็นตัวเลขสมมุติขึ้น แต่รายละเอียดหรือรายการที่ยกมาวิเคราะห์เป็นสิ่งที่แท้จริงผู้วิเคราะห์ใดจะนำไปใช้ทุกรายการหรือบางรายการก็ทำได้ หรือหากเห็นว่ายังมีรายการอีกที่ตกหล่นไปผู้วิเคราะห์เห็นว่าจำเป็นต้องนำมาประกอบการวิเคราะห์ด้วยก็เป็นสิ่งไม่ผิดไปจากวิธีการนี้ ผู้เขียนจึงใคร่ขอให้นักศึกษาหรือผู้อ่านนำวิจารณญาณและประสบการณ์ร่วมกับหลักวิชาการมาใช้ในการวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างด้วยจะเป็นประโยชน์ยิ่ง

ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นการแสดงวิธีการวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างเฉพาะตอนที่เกี่ยวกับการเตรียมการเบื้องต้นทั่วไปทั้งตอน อาคารที่สร้างเป็นอาคารขนาดใหญ่หลังหนึ่งสูง 16 ชั้น เป็นอาคารสำนักงานมีเนื้อที่รวมกันประมาณ 30,000 ตร.เมตร กำหนดเวลาเพื่อก่อสร้างไว้ 20 เดือน โครงสร้างใช้ระบบพื้นไร้คานและอัดแรงภายหลัง (Post Tension) ซึ่งผู้วิเคราะห์รูปแบบรายการได้กำหนดวิธีการก่อสร้างไว้เป็นส่วนสำคัญคือ ใช้แบบหล่อคอนกรีตรูปโต๊ะ สำหรับพื้นทั่วไปและแบบชนิดเลื่อนขึ้น (Slip Form) สำหรับแกนใช้สอย (Utilities Core) โดยกำหนดวิธีการก่อสร้างแบบนี้จึงควรใช้ปั้นจั่นยกของชนิดตั้งพื้น (Tower Crane) และรถปั๊มคอนกรีตแทนการเทคอนกรีตด้วยวิธีธรรมดา และติดตั้งลิฟท์โดยสั่งคนงานจุ 12 คน เพื่อขนคนงานขึ้นไปทำงานด้วยและผสมคอนกรีตด้วนวิธีธรรมดา และติดตั้งลิฟท์โดยสั่งคนงานจุ 12 คน เพื่อขนคนงานขึ้นไปทำงานด้วยและผสมคอนกรีตเองในเขตงานก่อสร้างซึ่งเครื่องจักรทั้งหมดเป็นของผู้สร้างเองนานไม่น้อยกว่า 20 เดือนและไม่ต้องมีไฟแสงสว่างใด ๆ

การวางผังบริเวณ

1. การสำรวจสถานที่

งานก่อสร้างแต่ละโครงการ ก่อนที่จะลงมือก่อสร้างงานโครงการนั้น จะต้องมีการวางแผนเกี่ยวกับงานชั่วคราว (Temporary Work) ก่อนทำงานก่อสร้างจริง เช่น การทำถนนชั่วคราว รั้วชั่วคราว ที่พักคนงาน โรงพัสดุ สำนักงานสนาม และสิ่งสาธารณูปโภคชั่วคราว ซึ่งจะเป็นส่วนบริการแก่งานของโครงการนั้น ตลอดจนการพิจารณาตำแหน่ง การติดตั้งเครื่องทุ่นแรงต่าง ๆ

ก่อนที่จะกำหนดผังงานชั่วคราว (Site Layout) ผู้บริหารโครงการควรจะสำรวจสถานที่เสียก่อนเพื่อประโยชน์ ดังต่อไปนี้

1. ปรับที่ รื้อถอน สิ่งกีดขวางภายในบริเวณ สถานที่ก่อสร้างบางโครงการ สภาพพื้นที่ราบเรียบ มีหลุม มีบ่อ หรือเนินดิน จำเป็นต้องมีการปรับที่ คือ อาจต้องตัดหรือถมเสียก่อน บางงานอาจมีสิ่งกีดขวาง เช่น อาคารเก่า หรือตอไม้ จะต้องรื้อถอนเสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตรวจบริเวณพื้นที่และสภาพข้างเคียง สถานที่ก่อสร้าง บางโครงการมีเนื้อที่ค่อนข้างจำกัด เช่น งานก่อสร้างในเมือง เพราะที่ดินราคาแพง จึงมีผลกระทบต่อการจัดผังงานชั่วคราว หรือมีปัญหาการติดตั้งเครื่องทุ่นแรง บางโครงการไม่มีเนื้อที่จะปลูกสร้างโรงพักคนงาน หรือสำนักงานสนาม จำเป็นต้องเช่าอาคารข้างเคียง เพื่อใช้เป็นที่พักคนงาน, โรงเก็บพัสดุและสำนักงาน

3. ทางเข้าออกไปสู่บริเวณก่อสร้าง ในบางโครงการอาจไม่มีปัญหาเรื่องทางเข้าออกไปสู่บริเวณก่อสร้าง แต่บางโครงการมีปัญหามาก เช่น ไม่มีทางเข้าออกจากทางประธานไปสู่สถานที่ก่อสร้างเลย ผู้รับเหมาจะต้องทำทางชั่วคราวเข้าไป หรือบางโครงการอยู่ในชุมชนหนาแน่น ทางเข้าออกอาจแคบมีผลต่อการขนส่งพัสดุ เพราะต้องใช้รถบรรทุก ความสะดวกรวดเร็วในการขนส่งอาจน้อยลง

1.2 **การจัดผังบริเวณชั่วคราว** (Temporary Work Layout)

คือ ขั้นตอนต่อจากการสำรวจพื้นที่ก่อสร้างแล้ว ผู้บริหารโครงการซึ่งประกอบด้วยจัดโครงการ, วิศวกรสนาม และผู้ควบคุมงาน จะต้องร่วมกันพิจารณา จัดผังงานชั่วคราว คือ กำหนดตำแหน่ง สิ่งปลูกสร้างชั่วคราว และการจัดหา สิ่งอำนวยความสะดวก หรือสาธารณูปโภคชั่วคราว ซึ่งประกอบด้วย

1. ที่พักคนงาน
2. สำนักงานสนาม
3. โรงเก็บพัสดุ อุปกรณ์ เครื่องจักร เครื่องมือ
4. เพิงพักผ่อน
5. ห้องน้ำ ห้องส้วม
6. รั้ว และประตูเข้า – ออก
7. ไฟฟ้า ประปา โทรศัพท์ น้ำดื่ม
8. บริเวณกองเก็บวัสดุ
9. โรงงานช่างไม้ – โรงช่างเหล็ก
10. ลานจอดรถ, โรงเก็บรถ
11. ตำแหน่งเครื่องทุ่นแรงต่าง ๆเช่น Concrete Plant, Tower Crane, Liftขนของ เป็นต้น
12. ที่เก็บน้ำมันเชื้อเพลิง
13. บ่อเก็บขยะ หรือปฏิกูล
14. ร้านขายอาหารและของชำ

เนื่องจากการจัด Site Layout เป็นงานเริ่มแรกของโครงการ จึงจำเป็นที่ผู้บริหารโครงการจะต้องพิจารณาถึงจำนวน, ขนาดและตำแหน่งของสิ่งปลูกสร้าง หรือสาธารณูปโภค ให้เหมาะสมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการ และสนองประโยชน์ในการดำเนินงานได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงตำแหน่งของอาคารของสิ่งก่อสร้างของโครงการเป็นหลัก

การจัด 1Site Layout ควรจะได้มีการวางผังเป็นแบบร่าง แสดงตำแหน่งสิ่งก่อสร้างชั่วคราวต่าง ๆ โดยร่างเข้ามาตราส่วนส่วนอย่างชัดเจน และมีการพิจารณาร่วมกัน เพื่อให้เกิดความเหมาะสมและเป็นผลดีเมื่อลงมือทำงานก่อสร้างจริง เมื่อเห็นพ้องต้องกันแล้วจึงลงมืองานปลูกสร้างชั่วคราว

การจัด Site Layout นั้นแต่ละโครงการอาจมีความต้องการสิ่งอำนวยความสะดวก หรือปลูกสร้างชั่วคราวมากน้อยตลอดจนขนาด และตำแหน่งการจัดวางแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่และขนาดโครงการ ซึ่งไม่เหมือนกัน

2. การจัดสิ่งปลูกสร้างและสาธารณูปโภคชั่วคราว

2.1 สิ่งปลูกสร้างชั่วคราว

สิ่งปลูกสร้างชั่วคราว คือ อาคารหรือสิ่งก่อสร้าง ซึ่งทำขึ้นมาเป็นการชั่วคราว แต่ต้องมีความแข็งแรงพอ เพื่อใช้อำนวยความสะดวกในการก่อสร้างงานโครงการสิ่งปลูกสร้างชั่วคราวดังกล่าวประกอบด้วย

(1) สำนักงานสนาม (Site Office) ขนาดของสำนักงานสนาม จะใหญ่หรือเล็ก ย่อมขึ้นอยู่กับขนาดของโครงการ โครงการขนาดใหญ่ สำนักงานสนามอาจประกอบด้วย ห้องประชุมเล็ก ๆ, ส่วนธุระการ, ส่วนรับแขกพักผ่อน, ห้องนั่งเล่นห้องส้วม แต่ถ้าเป็นโครงการเล็ก มีเจ้าหน้าที่สนาม 3-4 คน คือ ผู้จัดโครงการ, วิศวกรสนาม, ผู้ควบคุมงาน ขนาดของสำนักงานสนามก็ไม่ควรใหญ่โตกว้างขวางนักประมาณ 15 ตารางเมตรก็พอ ตำแหน่งที่ตั้งสำนักงานสนามควรหันหน้าเข้าหาตำแหน่งอาคารที่จะก่อสร้าง และอยู่ในตำแหน่งที่สามารถมองเห็นได้ทั่วบริเวณ Site

ประโยชน์ใช้สอยของสำนักงานสนาม คือ ใช้เป็นที่ทำงาน ธุระการสนาม, งานวางแผน, การประชุมเจ้าหน้าที่สนาม, เป็นสถานที่พบปะหารือระหว่างเจ้าของโครงการกับผู้รับเหมา, งานเขียนแบบ Shop Drawing ฉะนั้นสำนักงานสนามอาจต้องมีส่วนบริการความสะดวกสบายไว้บ้าง เช่น ส่วนธุระการ, ส่วนงานเทคนิค, ส่วนประชุม, ส่วนต้อนรับ เป็นต้น

ลักษณะสำนักงานสนาม ควรเป็นอาคารประเภทสำเร็จรูป สามารถถอดรื้อย้ายแล้วนำไปประกอบใหม่ได้ เป็นแบบเรียบ ๆ ง่าย ช่วยให้ประหยัด ปัจจุบันมีการทำสำนักงานสนามสำเร็จรูปแบบ Mobile Site Office มีลักษณะคล้ายตู้รถไฟ ประกอบด้วยล้อสามารถลากไปได้

(2) เรือนพักคนงาน เป็นความจำเป็นที่ผู้รับเหมาจะต้องจัดหาที่พักคนงานให้เพียงพอ โดยการจัดสร้างชั่วคราว หรือจะเช่าอาคารข้างเคียงก็แล้วแต่ โดยต้องคำนึงถึงขนาดและสภาพให้ถูกสุขลักษณะตามสมควรด้วยเรือนพักคนงานนับเป็นภาระซึ่งผู้รับเหมาจะต้องจัดหา เพราะส่วนใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ หาประโยชน์เชิงพาณิชย์ การค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนงานก่อสร้างก้ล้วนแต่มีภูมิลำเนาอยู่ห่างจากสถานที่ก่อสร้างทั้งสิ้น คนงานบางรายมีครอบครัวมาทำงานด้วย บางรายมีลูกหลานมาอาศัยด้วย จึงเป็นภาระที่ผู้รับเหมาต้องจัดที่พักอย่างเหมาะสม ตำแหน่งที่ตั้งเรือนพักคนงานควรอยู่ห่างจากโรงเก็บพัสดุ, โรงช่างไม้, ที่เก็บน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อป้องกันเพลิงไหม้อันอาจเกิดจากความประมาท จากการหุงต้มของคนงาน

(3) โรงเก็บพัสดุ ต้องมีทำเลซึ่งสะดวกในการเบิกจ่ายวัสดุ อุปกรณ์ สามารถจ่ายวัสดุไปยังสถานที่ก่อสร้างได้สะดวกรวดเร็ว ตัวอาคารจะต้องมิดชิด กันแดด กันฝนได้ดี และมีการจัดเก็บวัสดุโดยแยกประเภทไว้ชัดเจน เพื่อความสะดวกในการเบิกจ่ายในตัวโรงเก็บพัสดุ จะต้องมีเครื่องป้องกันไฟ เช่น น้ำยาดับเพลิงไว้อย่างเพียงพอ การป้องกันอัคคีภัยเบื้องต้น คือ การแยกวัสดุเชื้อเพลิงไปเก็บไว้ต่างหาก เช่น ทินเนอร์ หรือน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น ควรมีโรงเก็บแยกไปต่างหาก

(4) ถนน รั้ว ประตู ชั่วคราว งานแต่ละโครงการจะต้องคำนึงถึงถนนชั่วคราว ซึ่งจะต้องใช้ลำเลียงวัสดุเข้าไปภายในสถานที่ก่อสร้าง ผู้บริหารโครงการ จะต้องกำหนดเส้นทางของถนนภายในเป็นการชั่วคราว ทั้งนี้โดยต้องคำนึงถึงความสะดวกรวดเร็วในการขนส่งเป็นหลัก บางโครงการอาจต้องทำถนนคอนกรีตชั่วคราวขึ้น ประกอบด้วยลานกลับรถ บางโครงการอาจใช้ลูกรังหรือหินเกล็ดทำถนนก็พอ ผู้บริหารโครงการบางรายไม่สนใจเรื่องถนนภายใน จึงเป็นผลให้เกิดความสับสนในที่ก่อสร้าง บางครั้งวัสดุก่อสร้างที่ขนส่งมาต้องเสียหายแตกหัก เนื่องจากสภาพถนนภายในไม่ดี

รั้วและประตูชั่วคราว ก็จำเป็นต้องจัดให้มีขึ้น โดยอาจใช้วัสดุเหลือใช้ เช่น สังกะสีเก่าหรือลวดหนามล้อมรอบบริเวณ เพื่อเป็นการกำหนดขอบเขตสถานที่ก่อสร้างเป็นการสะดวกต่อการควบคุมทรัพย์สิน ความสูงของรั้วโดยประมาณ 2.00 เมตร นอกจากนั้นควรกำหนดทางเข้าออกไว้ด้วย โดยพิจารณาขนาดรถบรรทุกเข้าออกได้สะดวก คือ ไม่น้อยกว่า 4.00 เมตร ประตูทางเข้าออกไม่ควรมากกว่า 2 ทาง เพราะจะทำให้การควบคุมไม่ทั่วถึง

(5) สิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ ที่จำเป็นต้องมี คือ

(5.1) ห้องน้ำห้องส้วม การจัดห้องน้ำ-ส้วม จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับหน่วยงานก่อสร้าง และต้องเลือกบริเวณที่เหมาะสม หรืออาจขึ้นอยู่กับผู้ว่าจ้าง หรือ เจ้าของงานเป็นผู้กำหนด ต้องไม่มีปัญหากับบริเวณข้างเคียงมีความมิดชิด และรักษาความสะอาดตามประกาศกระทรวงมหาดไทย "เรื่อง ข้อกำหนดสวัสดิการเกี่ยวกับสุขภาพอนามัยของลูกจ้าง" แห่งประกาศคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 103 กล่าวคือ

ก. สถานที่ทำงานที่มีลูกจ้างไม่เกิน 15 คน น้ำสะอาดสำหรับดื่มต้องมีไม่น้อยกว่า 1 ที่ ห้องน้ำ-ส้วม ต้องมีไม่น้อยกว่าอย่างละ 1 ที่

ข. สถานที่ทำงานที่มีลูกจ้างไม่เกิน 80 คน จะต้องมีน้ำสะอาดสำหรับดื่ม ห้องน้ำห้องส้วมเพิ่มขึ้นอีกอย่างละ 1 ที่สำหรับจำนวนลูกจ้างทุก ๆ 50 คน เศษของ 50 คน ถ้าเกิน 20 คน ให้ถือเป็น 50 คน

ค. สถานที่ทำงานที่มีลูกจ้างทั้งชายและหญิง ต้องจัดห้องน้ำห้องส้วม สำหรับหญิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้เฉพาะตามสมควร สำหรับห้องน้ำห้องส้วมต้องถูกสุขลักษณะ และต้องมีกระดาษชำระและน้ำตามสมควร

(5.2) เพิงพักผ่อน อาจจัดให้มีขึ้น เพื่อคนงานนั่งพักผ่อน ในช่วงพักกลางวัน

(5.3) ร้านอาหารและของชำ จำเป็นต้องจัดให้มีขึ้น เพื่อบริการแก่คนงานและเจ้าหน้าที่ในสนาม ควรพิจารณาตำแหน่งที่ตั้ง ให้อยู่ในบริเวณที่ไม่กีดขวางการทำงาน

2.2 **สาธารณูปโภคชั่วคราว**

สาธารณูปโภคและการบริการชั่วคราว ผู้รับเหมาควรจัดให้มีขึ้น เพราะจะเป็นส่วนที่ช่วยเสริมให้การดำเนินไปอย่างสมบูรณ์ ดังนี้ แสดงดังภาพที่ ข1 และ ข2

1. ไฟฟ้า อาจแยกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 ไฟฟ้าแสงสว่าง ควรจัดให้มีขึ้นตามจุดต่าง ๆ ซึ่งอาจต้องการแสงสว่างมากน้อยต่างกันไป เช่น โรงเก็บพัสดุ อาจต้องการแสงสว่างโดยรอบ เป็นต้น

1.2 ไฟฟ้ากำลัง เพื่อใช้สำหรับเครื่องทุ่นแรงต่าง ๆ

2. น้ำ จัดหาน้ำเพื่อใช้งานหากไม่มีน้ำประปา อาจต้องใช้น้ำบาดาล หรือน้ำคลอง หรืออาจต้องมีการลำเลียงน้ำจากแหล่งอื่น และต้องคำนึงถึงน้ำสะอาด เพื่อใช้ดื่มสำหรับคนงานด้วยดังได้กล่าวไว้แล้ว ในข้อกำหนดสวัสดิภาพเกี่ยวกับสุขภาพอนามัยของลูกจ้าง

3. โทรศัพท์, วิทยุสื่อสาร งานสนามย่อมมีการติดต่อ สั่งการ ทั้งกับภายนอกและระหว่างภายใน จึงจำเป็นต้องมีการสื่อสารที่ฉับพลัน จะเป็นสิ่งช่วยให้งานรวดเร็วขึ้น

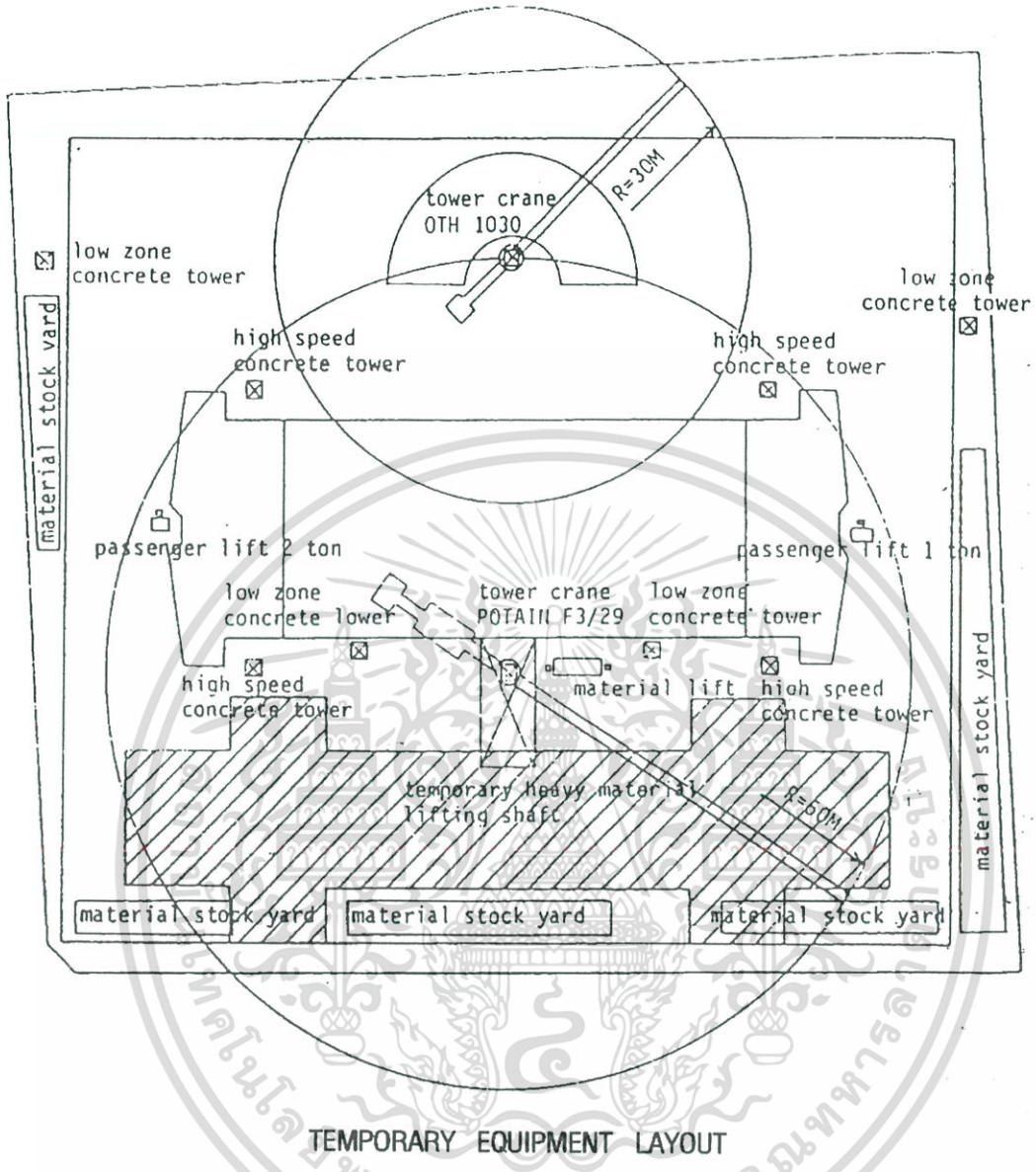
4. ยานพาหนะ บางครั้งเจ้าหน้าที่สนามอาจต้องมีการใช้ยานพาหนะ เพื่อการติดต่อทั้งภายในและภายนอก จึงจำเป็นต้องมียานพาหนะไว้ประจำในสนามอย่างเพียงพอ

5. การปฐมพยาบาล อุบัติเหตุเล็กน้อยอาจมีขึ้นในงานก่อสร้างเสมอ จึงจำเป็นต้องมีหน่วยปฐมพยาบาลเบื้องต้นไว้ด้วย

6. สิ่งอำนวยความปลอดภัยเบื้องต้น เช่น หมวก, รองเท้ายาง, เข็มขัดนิรภัย ควรจัดหามาให้คนงาน แต่มักทำให้ร้อนปวดศีรษะบ้าง ใส่รองเท้าบู๊ตยาง การทำงานไม่คล่อง เป็นต้น

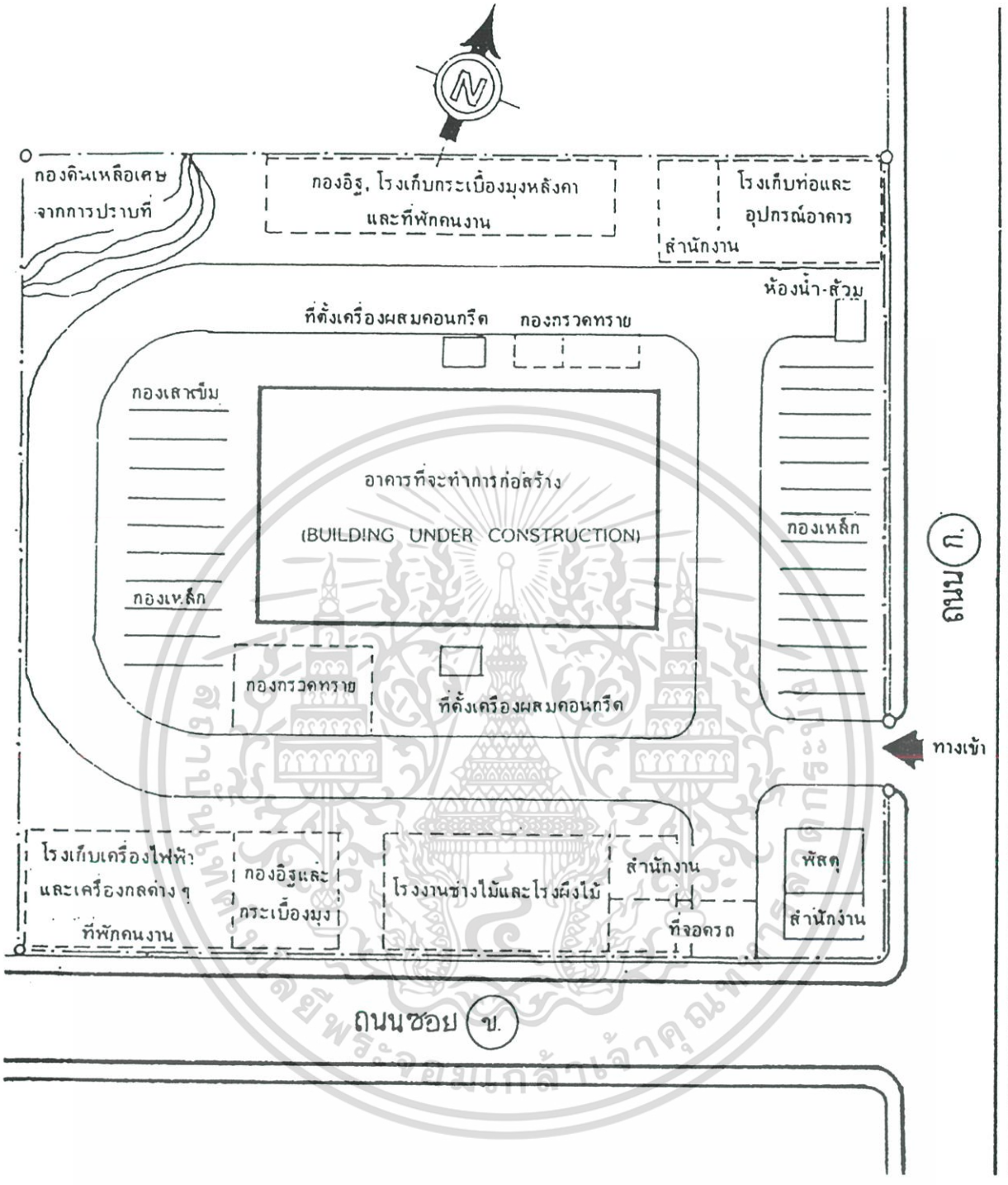
7. ยามรักษาการ จะต้องมีไว้ประจำในสนาม ทั้งกลางวันและกลางคืน เพื่อดูแลทรัพย์สิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข1 ผังแสดงการตระเตรียมสาธารณูปโภคและการบริการชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.2 ผังแสดงการตระเตรียมสาธารณูปโภคและการบริการชั่วคราว (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **การจัดสิ่งอำนวยความปลอดภัยในงานก่อสร้าง**

3.1 สิ่งอำนวยความปลอดภัยเบื้องต้น

งานก่อสร้างเป็นงานซึ่งมีอัตราเสี่ยงต่อร่างกาย และชีวิตของคนงานสูงกว่าอุตสาหกรรมอย่างอื่น เพราะเป็นงานซึ่งต้องทำทั้งใต้ดิน ในน้ำ และบนที่สูง หากเกิดพลาดพลั้งหรือมีอุบัติเหตุ ซึ่งอาจจะเกิดเพราะความประมาท หรือเกิดเพราะเทคนิคการทำงานไม่ดี ทำให้สิ่งก่อสร้างวิกฤตหรือพังลงมา ย่อมหมายถึง การสูญเสียชีวิต หรือทุพพลภาพ บางรายถึงขนาดไม่สามารถทำมาหากินได้อีกเลยก็มี จะพบว่าอุบัติภัยอันเกิดจากงานก่อสร้าง ซึ่งทำให้คนงานต้องเสียชีวิตหรือบาดเจ็บ ตั้งแต่เล็กน้อยไปจนถึงฉกรรจ์ปีหนึ่ง ๆ มีปริมาณสูงมาก บางครั้งอันตรายจากงานก่อสร้าง ดังนั้นผู้บริหารงานก่อสร้างที่ดี จึงไม่ควรละเลยเกี่ยวกับ กฎข้อบังคับ หรือระเบียบของทางราชการ ซึ่งวางไว้เกี่ยวกับเรื่องความปลอดภัย ในบริษัทก่อสร้างของต่างประเทศ จะมีการกำหนดว่าต้องมี (Safety Engineer) ประจำอยู่ในงานด้วยเพราะจะช่วยดูแลในเรื่องการทำงานอย่างปลอดภัย มีการอบรมคนงาน และเจ้าหน้าที่อยู่เป็นประจำจัดทำข้อบังคับเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงาน

การอำนวยความปลอดภัยเบื้องต้นให้กับคนงาน มีดังนี้

1. จัดหาอุปกรณ์เกี่ยวกับความปลอดภัยส่วนบุคคลให้ เช่น
   1.1 หมวกนิรภัยใช้กับงานทุกประเภท
   1.2 รองเท้าบู๊ตยางใช้กับงานคอนกรีต, งานดิน
   1.3 เข็มขัดกันตก ใช้กับการทำงานในที่สูง
   1.4 แว่นตากันแสง ใช้กับงานเชื่อม
   1.5 ถุงมือหนัง ใช้กับงานเหล็ก, งานประปา
   1.6 ถุงมือยาง ใช้กับงานปูน
   1.7 การแต่งกายต้องรัดกุมไม่รุ่มร่าม

อุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยดังกล่าวข้างต้นนี้ เป็นสิ่งซึ่งผู้ประกอบการก่อสร้างจะต้องจัดหามาให้คนงาน และต้องมีการบังคับใช้อย่างเข้มงวดปัญหาซึ่งจะพบอยู่มากมายเวลานี้ คือ คนงานไม่ยอมใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ดังกล่าวเพราะอ้างว่าทำงานสะดวก เช่น ใส่หมวกนิรภัยทำให้ร้อนและปวดศีรษะ, ใส่รองเท้าบู๊ตยางเดินไม่คล่อง ใส่เข็มขัดนิรภัยทำให้รุงรัง, สวมถุงมือจับสิ่งของไม่ถนัด เป็นต้น เราจึงเห็นคนงานใส่งอบบ้างใส่หมวกสานบ้างส่วนรองเท้าก็เป็นรองเท้าฟองน้ำ หรือ บางทีไม่สวมรองเท้าก็มี สำหรับผู้ที่ใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องก็คงมีบุคคลระดับหัวหน้างานหรือผู้บริหารเท่านั้น จึงไม่ใช่เรื่องแปลกเลยที่อุบัติภัย อันเกิดจากงานก่อสร้างในบ้านเราจึงอยู่ในอัตราสูง

2. การป้องกันการตก งานก่อสร้างเป็นการทำงานในที่สูง จึงมักจะมีข่าวคนงานตกลงมาจากที่สูงขณะทำงานอยู่บ่อย ๆ ตกระยะสูงบ้างต่ำบ้าง ถ้าโชคร้ายตกลงมาจากอาคารสูงมาก ๆ ก็ถึงกับเสียชีวิต บริเวณที่มักเกิดอุบัติเหตุการตกจากที่สูง คือ บริเวณขอบอาคาร ซึ่งไม่มีราวกั้น หรือ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องซึ่งว่างไว้ เช่น ช่องบันได ช่องลิฟท์ เป็นต้นทางเดินชั่วคราวซึ่งใช้ไม้พาดไว้ไม่มั่นคงแน่นหนาอาจพลิกหรือหลุดและตกลงมาไม่เหมือนกัน การป้องกัน คือ ทำราวกันตกและมีตาข่ายกันไว้ด้วย

3. การเตือนด้วยป้าย คือ จัดให้มีการเขียนคำหรือข้อห้ามไว้ในจุดต่าง ๆ เช่น "เขตก่อสร้าง ห้ามบุคคลภายนอกเข้า", "ระวังอันตรายไฟแรงสูง", "สวมหมวกนิรภัยทุกครั้งที่ทำงาน", "ปลอดภัยไว้ก่อน", "ระวังหลุมลึก", "ห้ามผ่าน" เป็นต้น ป้ายคำเตือนดังตัวอย่างนี้ จะมีส่วนช่วย ลดอุบัติภัยได้อย่างมาก

4. ป้องกันอันตรายแก่บุคคลภายนอก งานก่อสร้างบางงานอยู่ในเขตชุมชน มีผู้สัญจรไปมาตลอดเวลาที่ทำงาน จำเป็นที่ผู้ประกอบการก่อสร้าง จะต้องจัดป้องกันไว้เป็นอย่างดีด้วย เช่น

4.1 ทำรั้วรอบมิดชิด ควรเป็นรั้วทึบ

4.2 งานก่อสร้างชิดทางเดิน ต้องทำหลังคาคลุมทางเดิน และมีตาข่ายรองรับกันวัสดุตก

4.3 บุคคลภายนอกต้องได้รับอนุญาตจึงจะเข้าบริเวณก่อสร้างได้ และเมื่อเข้าไปทุกคนต้องสวมหมวกนิรภัย

4.4 ไม่กองวัสดุก่อสร้าง ยื่นล้ำออกไปในที่สวนสาธารณะ

5. จัดอบรมเกี่ยวกับความปลอดภัยเป็นระยะ ๆ การรณรงค์เจ้าหน้าที่ หรือคนงานทุกระดับได้เห็นอันตรายที่เกิดขึ้น จากการทำงานก่อสร้างด้วยสาเหตุต่าง ๆ จะเป็นเครื่องกระตุ้นให้เกิดความระมัดระวัง และลดอุบัติเหตุได้ เช่น

5.1 จัดการอบรม ชี้แจงวิธีการทำงานอย่างปลอดภัย

5.2 ฉายภาพยนต์ วีดีโอหรือสไลด์ แสดงภาพอุบัติภัยต่าง ๆ ให้ชม

3.2 สาเหตุของอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง

สาเหตุของอุบัติภัยในงานก่อสร้าง อุบัติภัยอันเกิดจากงานก่อสร้างนั้น เกิดได้หลายสาเหตุ อาจแยกได้ดังนี้

1. สาเหตุจากการทำงาน งานก่อสร้างทุก ๆ ขั้นตอน ตั้งแต่เริ่มงานเสร็จงาน มีโอกาสลดอุบัติเหตุได้เสมอ ไม่ว่าจะเป็นงานในที่ต่ำ หรือที่สูง เพราะงานก่อสร้างต้องใช้วัสดุที่มีน้ำหนักมาก ๆ และเครื่องทุ่นแรงขนาดใหญ่ หากไม่ระมัดระวัง ย่อมเกิดอุบัติเหตุได้เสมอ เช่น งานตอกเข็ม ลวดสลิงขาดย่อมเกิดอันตรายได้ หรือบางครั้งโครงปั้นจั่นติดตั้งไม่ดีพอ พังทะลายลงมาบางเหตุการณ์ตอกเข็มกลวงทิ้งไว้โดยไม่ป้องกัน เด็กตัวเล็ก ๆ ตกลงไปตายก็มี งานเข็มเจาะชนิดหล่อในที่ก็อันตราย หากคนตกลงไปในรู ซึ่งเจาะทิ้งไว้อาจถึงแก่ความตายได้ การใช้เครื่องทุ่นแรงอย่างขาดความรับผิดชอบประมาท ไม่บำรุงรักษา เครื่องทุ่นแรงให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ การใช้งานเกินพิกัดที่กำหนด เช่น ปั้นจั่นยกของ ยกน้ำหนักมากเกินไปทำให้ลวดสลิงขาด บางครั้งใช้ผู้ควบคุมซึ่งยังขาดความชำนาญ ก็ทำให้เป็นเหตุของอุบัติเหตุได้

2. สาเหตุจากโครงสร้างชั่วคราวได้แก่ นั่งร้าน, ค้ำยัน, ไม้แบบ ปัจจุบันงานก่อสร้างที่ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้นั่งร้านและค้ำยันเหล็ก ส่วนงานไม้แบบก็มักจะเป็นแบบสำเร็จรูป สำหรับงานนั่งร้านและชั้นเหล็ก การใช้งานจะต้องเป็นไปตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด การดัดแปลงโครงนั่งร้านและค้ำยันโดยเหล็กคุณภาพต่ำทำขึ้นเองเป็นสิ่งที่อันตรายมาก เพราะการพังของนั่งร้าน ซึ่งเกิดขึ้นอยู่บ่อย ๆ ย่อมจะคงความเสียหายอย่างมหาศาล ทั้งทรัพย์สอนและชีวิตมนุษย์ ผู้บริหารโครงการบางรายให้ความสนใจงานนั่งร้านน้อยไป ทั้ง ๆ ที่ทางราชการได้ออกข้อบังคับเกี่ยวกับงานนั่งร้านไว้ คือ ประกาศของกระทรวงมหาดไทย ซึ่งจะได้กล่าวในหน่วยเรียนต่อไป การค้ำยันและนั่งร้านไม้ จะต้องดูแลให้เป็นไปตามข้อบังคับของกระทรวงมหาดไทยด้วย

3. สาเหตุจากการทำงานผิดเทคนิคการก่อสร้าง ผู้รับเหมาบางรายทำงาน โดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ขาดหลักวิชา เช่น ถอดแบบหล่อคอนกรีตก่อนกำหนด, ใส่เหล็กเสริมคอนกรีตผิดตำแหน่งหรือมีส่วนน้อยกว่าที่กำหนดไว้ ในกรณีที่เป็นพื้นยื่น หรือคานยื่น อาจพังลงมาอย่างฉับพลันได้ ในบางงานใช้แบบก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปผสมอยู่ด้วย เช่น ระบบพื้นและคาน การติดตั้งชิ้นส่วนดังกล่าวจึงจำเป็นต้องปฏิบัติตามบริษัทผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด

4. สาเหตุจากความประมาทของคนงาน เราจะเห็นบ่อย ๆ ว่าสาเหตุของอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง ก็มาจากความประมาท สะเพร่าของผู้ปฏิบัติงานเอง เช่น การหยอกล้อกันในขณะปฏิบัติงาน การทำงานหมิ่นเหม่ อันตราย แต่ไม่ยอมใช้อุปกรณ์ป้องกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานในที่สูง

5. สาเหตุจากความไม่สมบูรณ์ทางร่างกายของคนงานบางครั้งความไม่สมบูรณ์ทางร่างกายก็มีส่วนให้เกิดอุบัติเหตุได้ เช่น คนที่มีโรคประจำตัว ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการทำงานหนักหรือทำงานในที่สูง เช่น โรคทางประสาท, โรคหัวใจ, โรคลมบ้าหมู เป็นต้น

ในบางโครงการคนงานต้องทำงานทั้งกลางวันกลางคืน เพราะเป็นงานที่รีบเร่ง กรณีเช่นนี้ก็ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้บ่อย ๆ ขึ้น พลัดตกจากที่สูง เพราะร่างกายอ่อนเพลียหรือง่วงเกินกว่าที่จะทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 2 ลักษณะโครงสร้างอาคาร

การเลือกระบบโครงสร้างที่จะใช้กับอาคารขนาดใหญ่มีความสำคัญต่อความเป็นไปได้ของโครงการอย่างมาก หากเลือกโครงสร้างที่ไม่เหมาะสมกับโครงการ อาจทำให้ค่าก่อสร้างสูงเกินไปจนเป็นเหตุให้โครงการล้มเลิกไปก็ได้ โครงสร้างระบบหนึ่ง ๆ อาจจะเหมาะสมกับอาคารหลังหนึ่งที่จะสร้างในบริเวณหนึ่ง แต่อาจไม่เหมาะกับอีกโครงการหนึ่ง ไม่ใช่ว่าระบบคอนกรีตอัดแรงหรือระบบหล่อสำเร็จจะใช้ได้ดีกับอาคารทุกชนิดเสมอไป ฉะนั้น ในการเลือกระบบโครงสร้างควรจะทำการศึกษา และเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแต่ละระบบอย่างละเอียดอ่อนก่อนทุกครั้ง

ในการพิจารณาเลือกระบบโครงสร้าง จะต้องพิจารณาถึงความปลอดภัย ความสวยงามการใช้งาน และความประหยัด กล่าวคือใช้หลักการ "Safe" คือ

Safety โครงสร้างที่ดีที่สุดจะต้องดีพร้อมทั้ง 4 อย่างคือ โครงสร้างจะต้องมั่นคงแข็งแรง

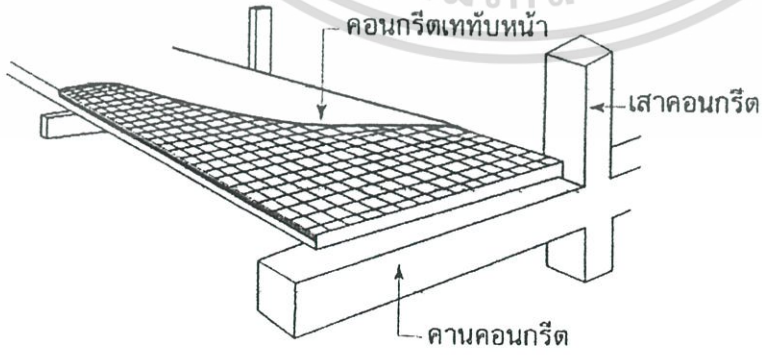
Aesthetic เท่าที่ต้องการไม่เล็กหรือบางจนเป็นการเสี่ยงอันตราย และไม่ใหญ่โตเกินความจำเป็น

Function ไม่ควรมีโครงสร้างส่วนเกินกล่าวคือ ส่วนที่ใส่เข้าไปเกินกว่าที่ต้องการ ต้องมีความจำเป็น

Economic สวยงามในตัวเอง ไม่ขัดกับแบบทางสถาปัตยกรรม สามารถใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ และประการสำคัญต้องเป็นระบบโครงสร้างที่ประหยัด

การที่จะเลือกระบบโครงสร้างให้เหมาะสมกับแต่ละงานนั้นจะต้องทราบระบบต่าง ๆ ทุกระบบอย่างละเอียดทั้งทางเทคนิควิศวกรรม และข้อดีข้อเสียของแต่ละระบบ ที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นระบบใหญ่ ๆ ที่นิยมใช้กันเป็นที่แพร่หลายแล้วเท่านั้น

ระบบคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อกับที่ธรรมดา



ภาพที่ ข3 อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อกับที่ธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตเสริมเหล็กเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่มานานนับร้อยปี เพราะเป็นวัสดุที่ประหยัด แม้ในปัจจุบันจะมีวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีสูงขึ้นมากก็ตาม คอนกรีตเสริมเหล็กก็ยังเป็นวัสดุก่อสร้างที่ราคาถูกอยู่และเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป แต่ได้ปรับปรุงคุณภาพให้สูงขึ้น มีการผลิตสารผสมเพิ่มเพื่อทำให้คอนกรีตมีคุณภาพต่าง ๆ ดีขึ้น เช่น กำลังสูงเร็ว การทำให้แน่นตัวดีขึ้น การยึดหดตัวน้อยลง หรือยืดเวลาการก่อตัวให้นานขึ้น เพื่อสะดวกในการเทองค์อาคารขนาดใหญ่เป็นต้น ข้อเสียเปรียบของคอนกรีตเสริมเหล็ก ระบบเหล็กกับที่ก็คือเวลา เพราะงานทั้งหมดเริ่มตั้งแต่การทำค้ำยันทำแบบหล่อ วางเหล็กเสริม จนถึงการเทคอนกรีต การบ่มคอนกรีตและการถอดแบบหล่อ จะเห็นว่ามีหลายขั้นตอนแต่ละขั้นตอนก็ใช้เวลาพอสมควรเพื่อขจัดปัญหาเรื่องความล่าช้า จึงได้มีการปรับปรุงระบบแบบหล่อคอนกรีตให้เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท ทำให้การติดตั้งและถอดแบบหล่อกระทำได้รวดเร็วขึ้น มีการใช้อุปกรณ์การทำงานชนิดที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น Tower Crane, เครื่องสูบคอนกรีตสำหรับเทคอนกรีตในปริมาณมาก นอกจากนั้น เนื่องจากในปัจจุบัน สามารถควบคุมงานคอนกรีตให้มีคุณภาพดีได้จึงสามารถถอดแบบหล่อได้เร็วขึ้นเป็นการประหยัดทั้งเงินและเวลา เหล็กเสริมก็เช่นกันมีการใช้เหล็กเสริมที่มีกำลังสูงขึ้น ปัจจุบันใช้กันถึง SD-50 เหล็กข้ออ้อยที่มีจุดคลาก 5,000 กก./ซม.^{2} เพื่อลดงานเหล็กให้น้อยลง เหล็กพื้นก็อาจใช้ตะแกรงเหล็กซึ่งทำเป็นม้วนสำเร็จรูปมาเลยก็ได้ ข้อสำคัญที่สุดก็คือมีการพัฒนาระบบการทำงานให้คล่องตัวขึ้นรวมทั้งใช้เทคนิคใหม่ ๆ เข้าช่วย มีการบริหารงานที่ดีทำให้งานทุกอย่างดำเนินไปด้วยความราบรื่นไม่ติดขัด ไม่มีการรองาน เช่น นำระบบ CPM หรือ PERT มาใช้ มีการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อทุ่นเวลาในการวางแผนและดำเนินงาน เป็นต้น

ระบบคอนกรีตหล่อสำเร็จ

การสร้างระบบคอนกรีตหล่อสำเร็จนี้หมายถึง การหล่อองค์อาคารคอนกรีตต่าง ๆ เช่นพื้นคาน ผนัง เสา ตามแบบก่อสร้างเตรียมไว้ให้พร้อม แล้วนำมายกติดตั้งประกอบกันเป็นตัวอาคาร เป็นการลดระยะเวลาการก่อสร้างได้มาก แต่อย่างไรก็ดีการก่อสร้างระบบนี้ก็เช่นเดียวกับระบบอื่นกล่าวคือจะเหมาะสมกับอาคารบางลักษณะเท่านั้น ไม่ใช่อาคารทุกประเภทสามารถใช้ระบบคอนกรีตหล่อสำเร็จระบบใดระบบหนึ่งโดยเฉพาะ จะต้องศึกษาและออกแบบอย่างละเอียดทุกขั้นตอนและทุกจุดอาทิ

1. รายละเอียดเกี่ยวกับรอยต่อต่าง ๆ เช่น พื้นกับคาน คานกับเสา พื้นกับผนัง เป็นต้น
2. เลือกระบบหล่อสำเร็จที่เหมาะสมกับโครงการ เช่น จะใช้พื้นหล่อสำเร็จเพียงอย่างเดียวหรือคานด้วย หรือทั้งพื้น คาน เสา และผนัง
3. เลือกชนิดของพื้นหล่อสำเร็จที่เหมาะสมกับโครงสร้าง
4. พิจารณาถึงปริมาณของชิ้นส่วนขององค์อาคารแต่ละชิ้นซึ่งควรมากพอ มิฉะนั้นจะไม่เป็นการประหยัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ควรใช้ระบบประสานทางพิกัด (Modular Coordination) ในการออกแบบ

6. พิจารณาความสามารถ ฝีมือตลอดจนความชำนาญของผู้รับเหมาก่อสร้างในการยกชิ้นส่วนเพื่อประกอบและติดตั้ง

7. ควรพิจารณาด้วยว่าระบบใดมีขั้นตอนการทำงานน้อยกว่ากัน เพราะเกี่ยวกับระยะเวลา

<u>การก่อสร้างในการเลือกระบบพื้นให้เหมาะสมควรพิจารณาถึงสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ</u>

1. ช่วงกว้างระหว่างคานที่รองรับ เพราะพื้นแต่ละชนิดจะเหมาะสมกับช่วงกว้างต่าง ๆ กัน

2. น้ำหนักบรรทุกจร และลักษณะการกระทำ เช่น แผ่กระจาย หรือลงเป็นจุด

3. ความหนาของพื้นเปรียบเทียบกับความสูงของชั้น หากความสูงชั้น/ชั้น น้อย ก็จะต้องเลือกชนิดที่ให้มีความหนาน้อย

4. อัตราการทนไฟของระบบพื้นแต่ละชนิด

5. การยกติดตั้งและอุปกรณ์ที่จำนำมาใช้

6. ความประณีตในการผลิต ขนาดและหน้าตัด ต้องสม่ำเสมอเท่ากันโดยตลอด

7. การควบคุมคุณภาพของคอนกรีตในการผลิต

8. การแอ่นตัวของแผ่นพื้น

<u>สิ่งที่ควรจะพิจารณาเป็นพิเศษในการเลือกใช้ระบบคอนกรีตหล่อสำเร็จมีดังนี้</u>

1. ความสามารถ ฝีมือ และความชำนาญของผู้รับเหมาก่อสร้าง

ผู้รับเหมาก่อสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอาคารที่ใช้ชิ้นส่วนหล่อสำเร็จทั้งหลังหรือเป็นส่วนใหญ่ นอกจากจะต้องมีอุปกรณ์ที่เหมาะสมทั้งชนิดและขนาดแล้วจะต้องมีฝีมือ และมีความชำนาญในการก่อสร้าง โดยใช้ระบบหล่อสำเร็จนี้ด้วย การวัดระยะต่าง ๆ จะต้องถูกต้องแน่นอนเพื่อที่จะประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้เข้ากันได้พอดี มิฉะนั้นอาจต้องมีการตัดชิ้นส่วนองค์อาคารออกบ้าง หรือวางองค์อาคารหมิ่นเกินไปบ้าง

2. ขั้นตอนการทำงาน

เรื่องขั้นตอนการทำงานนั้นดูเผิน ๆ อาจเห็นว่าไม่สำคัญ แต่จริง ๆ แล้วมีส่วนสำคัญอยู่มาก หลักการทำงานทั่วไปก็คือยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปติดตั้งเข้าที่ก็เป็นอันเสร็จเรียบร้อย แต่พื้นหล่อสำเร็จบางชนิดอาจต้องเสริมเหล็กและเทปูนทรายหรือคอนกรีตทับหน้า (Topping) บางชนิดที่ใช้คอนกรีตทับหน้าเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างระบบพื้น กล่าวคือหากไม่เทคอนกรีตทับหน้าแล้วพื้นชนิดนั้นจะยังไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกตามที่ออกแบบไว้ได้ ในกรณีเช่นนั้นจะต้องทำค้ำยันชั่วคราวไว้ก่อน แต่ในกรณีที่ช่วงคานและช่วงเสาไม่สัมพันธ์กับขนาดความกว้างของชิ้นส่วนหรือขนาดเสาโตกว่าขนาดคาน ซึ่งปกติสำหรับอาคารหลาย ๆ ชั้นมักจะเป็นเช่นนั้นจะทำให้เกิดช่องว่างขึ้นระหว่างด้านข้างของพื้นและคานซึ่งจะต้องหาวิธีอุดช่องว่างนี้ให้เต็ม

ขั้นตอนต่อไปก็คือแต่งผิวภายนอกเช่น ข้างใต้แผ่นพื้นให้เรียบร้อยหากไม่ใช้ฝ้าและก่อปิดด้านหัวของแผ่นพื้นในกรณีที่ไม่ต้องการเห็นเป็นช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การยกติดตั้งและอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้

ในการออกแบบโครงสร้างระบบหล่อสำเร็จนี้จะต้องพิจารณาถึงปัญหาเกี่ยวกับการติดตั้งด้วย เพราะเป็นเรื่องสำคัญ ในกรณีที่ไม่มีบริเวณพอ เช่น สร้างอาคารชิดเขตที่ดินโดยรอบ การใช้ระบบพื้นหล่อสำเร็จช่วงยาวอาจเกิดปัญหาในการยกชิ้นส่วนเข้าที่ และแม้จะยกขึ้นได้แต่การเคลื่อนที่ชิ้นส่วนนั้นไปวางในตำแหน่งที่ต้องการก็อาจเป็นปัญหาเหมือนกันสำหรับชิ้นส่วนยาว ๆ ข้อสำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ขนาดและชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้ยกชิ้นส่วนอุปกรณ์ประเภทรถยกมีข้อจำกัดเกี่ยวกับความสูงของอาคาร ปกติจะใช้ได้ดีสำหรับอาคารประมาณไม่เกิน 5 ชั้น แต่ถ้าเครื่องยกเข้าชิดตัวอาคารไม่ได้ ความสามารถในการยกจะน้อยลงตามลำดับ ฉะนั้นถ้าจะใช้ระบบสำเร็จรูปกับอาคารขนาดใหญ่หรือสูงมาก ๆ ควรใช้ปั้นจั่นชนิด Overhead Crane ซึ่งมีความสามารถในการยกสูง

4. การแอ่นตัวของแผ่นพื้น

การเลือกขนาดของแผ่นพื้นจะต้องคำนึงถึงการแอ่นตัวด้วยเพราะหากหน้าตัดเล็กเกินไป แม้สามารถรับน้ำหนักได้ แต่ถ้าเกิดการแอ่นตัวมาก จะทำให้ต้องเทคอนกรีตผิว (topping) ทับหน้าหนากว่าปกติ ซึ่งถ้าหากเกินไปและเสริมเหล็กไม่เพียงพออาจเกิดการแตกร้าวได้

จะเห็นได้ว่าการที่จะเลือกใช้โครงสร้างระบบหล่อสำเร็จนั้นมีข้อที่ควรพิจารณามากมายหากเลือกได้เหมาะสมจะทำให้ได้ระบบโครงสร้างที่ประหยัด ก่อสร้างได้รวดเร็วและไม่มีปัญหาในการทำงาน ในทางตรงกันข้ามหากพิจารณาไม่ละเอียดรอบคอบ อาจเกิดผลในทางลบได้

ระบบคอนกรีตอัดแรง

คอนกรีตอัดแรงมีสองชนิด คือ ชนิดอัดแรงก่อน (Pretensioning) และอัดแรงภายหลัง (Postensioning) ชนิดแรกหมายถึง ทำการดึงลวดก่อนแล้วแล้วจึงเทคอนกรีต วิธีทำก็คือ ทำแบบหล่อคอนกรีตโดยเตรียม Anchorage ไว้สองข้าง แล้วดึงลวด Prestressing Wire ให้เกิดหน่วยแรงตามที่คำนวณไว้ จากนั้นจึงเทคอนกรีต เมื่อคอนกรีตมีกำลังสูงตามที่ต้องการแล้วจึงตัดลวดลวดที่ดึงไว้พยายามหดตัวกลับทำให้เกิดแรงอัดภายในองค์อาคารนั้น คอนกรีตอัดแรงชนิดอัดแรงก่อนนี้เหมาะสำหรับงานหล่อชิ้นส่วนเช่นพื้นชนิดหล่อสำเร็จ เสาเข็ม คานซอย บันได ผนัง ฯลฯ

คอนกรีตอัดแรงอีกชนิดหนึ่งคือชนิดอัดแรงภายหลัง วิธีการกลับกันกับชนิดแรก คือวางลวด Prestressing Wire เข้าที่เสร็จแล้วเทคอนกรีตหุ้ม เมื่อคอนกรีตมีกำลังสูงพอแล้ว จึงจะดึงลวดโดยยึดเข้ากับ Anchorage วิธีนี้เหมาะสำหรับทำระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงหล่อกับที่ โดยมากมักจะเป็นแผ่นพื้นไร้คาน (Flat Slab) แผ่นพื้นกระทง (Waffle Slab) หรือใช้กับคานขนาดใหญ่หล่อสำเร็จ เช่น คานสะพานก็ได้ การที่จะป้องกันมิให้คอนกรีตจับลวดก่อนที่จะดึงนั้นกระทำได้หลายวิธี ที่นิยมกันก็มีลวดชนิดพันด้วยกระดาษแอสฟัลท์ หรือใช้ท่อพลาสติกสำหรับลวดขนาดเล็ก ถ้าเป็นลวดขนาดใหญ่ทำเป็นกำ Tendon ซึ่งประกอบด้วยหลาย ๆ Stand เช่นที่ใช้กับคานหล่อสำเร็จมักฝังท่อเหล็ก หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

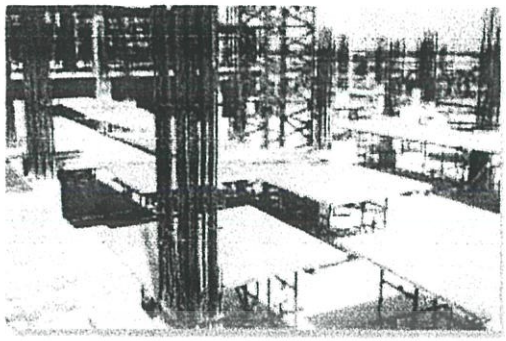
ท่อเหล็กอาบสังกะสีไว้ก่อนเทคอนกรีต เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วจึงร้อยลวดกำ (Tendon) เข้าไปในท่อที่ฝังไว้นี้ และคอยจนกว่าคอนกรีตจะมีกำลังเพียงพอจึงจะดึงลวดดังกล่าวแล้วข้างต้น

ปัจจุบันนิยมใช้ระบบคอนกรีตอัดแรงแบบ Postensioning กับแผ่นพื้นไร้คานกันมากขึ้น เพราะความต้องการพื้นที่ใช้งานมากขึ้น แต่ตามข้อบัญญัติมักกำหนดขอบเขตของความสูงของอาคารไว้ ฉะนั้น จำเป็นจะต้องออกแบบให้มีความสูงระหว่างชั้นน้อยที่สุด ระบบแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงดังกล่าวนี้ สามารถทำได้บางกว่าธรรมดา และสามารถยื่นได้มากโดยมีระยะโก่งน้อย อย่างไรก็ดี ไม่ได้หมายความว่าแผ่นพื้นระบบนี้จะเหมาะสมกับโครงสร้างทุกชนิด แต่จะเหมาะกับอาคารที่มีความสูงระหว่างชั้นต่ำดังกล่าวข้างต้น ไม่มีการลดระดับมากนัก ไม่มีช่องเปิดมากและช่วงสั้นต่อช่วงยาวของช่วงเสาต่างกันไม่มากจนเกินไป ปกติจะไม่เกิน 20% และควรมีหลาย ๆ ช่วงต่อเนื่องกันด้วย สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการเลือกใช้โครงสร้างระบบนี้คือ ประสบการณ์ของผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้ผลิต การประสานงานระหว่างสองฝ่ายนี้ ซึ่งควรจะสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี มิฉะนั้นแทนที่งานจะเร็วขึ้นอาจกลับทำให้ล่าช้าได้ โดยเฉพาะควรเลือกใช้ระบบแบบหล่อที่มีประสิทธิภาพและมีจำนวนมากเพียงพอกับความรวดเร็วของงานคอนกรีตด้วย ดังภาพที่ ข4

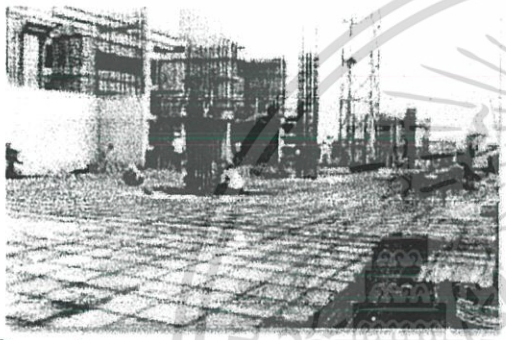
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการก่อสร้างของพื้นคอนกรีตอัดแรงในที่

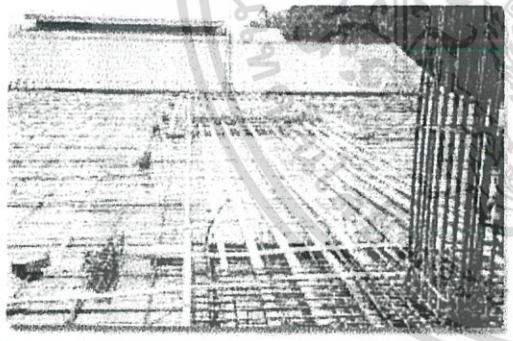
ขั้นตอนที่ 1 ตั้งไม้แบบสำหรับหล่อพื้นคอนกรีตอัดแรง



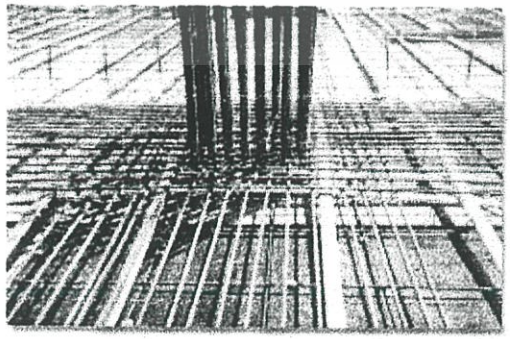
ขั้นตอนที่ 2 วางเหล็กเสริมล่าง ตามแบบก่อสร้าง



ขั้นตอนที่ 3 วาง PC Stand ตาม Profile ที่กำหนดในแบบ

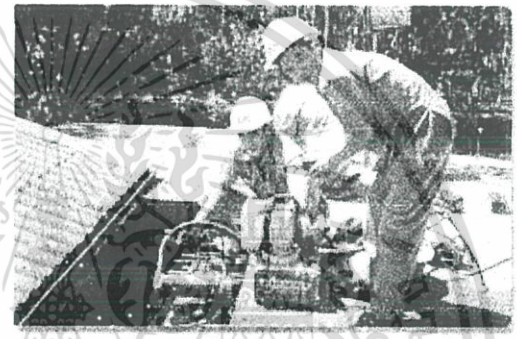


ขั้นตอนที่ 4 วางเหล็กเสริมบนตามแบบก่อสร้าง



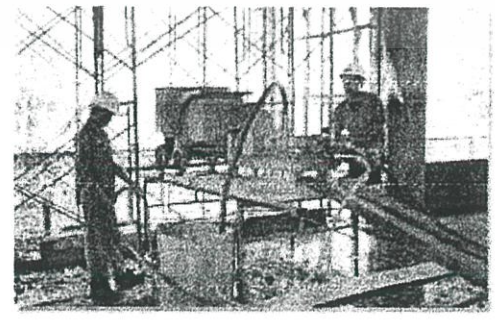
ขั้นตอนที่ 5 เทคอนกรีตของพื้น

ขั้นตอนที่ 6 ทำการ Stressing เมื่อคอนกรีตมี Compresive Stemgth ไม่น้อยกว่า 240 kg./sq.m



ขั้นตอนที่ 7 ค้ำยันและไม้แบบ สามารถถอดได้หลังจาก Stressing เสร็จเรียบร้อย

ขั้นตอนที่ 8 Grounting ด้วยน้ำปูน (กรณี Bonded Tendon)



ภาพที่ ข4 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างของพื้นคอนกรีตอัดแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

ในที่นี้เหล็กรูปพรรณหมายถึงเหล็กที่ใช้ในการก่อสร้างที่มีลักษณะหน้าตัดต่าง ๆ กัน เช่น รูป I, C, L, H เป็นต้น โครงสร้างเหล็กรูปพรรณหมายถึงโครงสร้างที่ใช้เหล็กรูปพรรณในการทำโครงสร้างเป็นส่วนใหญ่ นับตั้งแต่เสา คาน คานขอย ส่วนพื้นอาจใช้ได้หลายอย่างตั้งแต่คอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ชนิดต้องถอดแบบหล่อ หรือชนิดใช้แบบหล่อทำด้วยเหล็กลอนเมื่อหล่อเสร็จแล้วทิ้งแบบหล่อไว้เลย หรือใช้ระบบพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จ ซึ่งจะได้เปรียบในความรวดเร็วในการก่อสร้าง อย่างไรก็ดี การที่จะเลือกใช้ระบบโครงสร้างเหล็กนอกจากเพื่อความรวดเร็วในการก่อสร้างแล้ว ควรพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ด้วย คือ

1. ราคา

โดยทั่วไปโครงสร้างเหล็กที่ออกแบบได้มาตรฐานจะมีราคาสูงกว่าโครงสร้างคอนกรีตประการหนึ่งเพราะวัสดุส่วนใหญ่จะต้องสั่งจากต่างประเทศ

2. การป้องกันไฟ

เนื่องจากเหล็กต้านไฟได้น้อยกว่าคอนกรีต ฉะนั้นจะต้องมีฉนวนหุ้มที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานการป้องกันไฟ และมีความหนาพอเพียงที่จะป้องกันไฟได้นานตามที่ต้องการ

3. การยกติดตั้งและประกอบ

การยกติดตั้งคงไม่มีปัญหาอะไร ที่สำคัญคือการประกอบ ถ้าเป็นอาคารขนาดใหญ่ควรต่อองค์อาคาร เช่น เสาและคานด้วยสลักเกลียวกำลังสูง (High Tensile Bolts) ปกติจะเจาะรูในองค์อาคารที่จะต่อกันพร้อมทั้งแผ่นเหล็กประกันแล้วจึงยกขึ้นไปประกอบ การเจาะจะต้องประณีตมิฉะนั้นรูอาจจะเหลื่อมกันทำให้สอดสลักเกลียวไม่ได้ ถ้าอาคารไม่ใหญ่นัก ก็อาจต่อด้วยการเชื่อมได้ แต่ก็เช่นเดียวกัน จะต้องใช้ช่างเชื่อมฝีมือดี และควรตรวจสอบรอยเชื่อมด้วย X-ray หรือ Ultrasonic เพื่อจะได้แน่ใจได้ว่ารอยเชื่อมมีความแข็งแรงเพียงพอ

4. วัสดุที่ใช้ในทางสถาปัตยกรรม

วัสดุก่อเช่น อิฐและคอนกรีตบล็อกเหมาะกับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก แต่อาจไม่เหมาะกับอาคารที่ใช้โครงสร้างเหล็ก เพราะการยืดหดตัวแตกต่างกันมาก อาจทำให้เกิดการแตกร้าวได้ง่าย และการยึดผนังก่ออิฐกับคานรูปค่อนข้างลำบาก ฉะนั้นจึงควรหาวัสดุอื่นที่เหมาะสมมาใช้แทน เช่น ผนังเบาแต่แข็งแรง อาทิ Metal Lath ฉาบด้วยยิบซั่ม แม้แต่ห้องน้ำก็อาจทำเป็นสำเร็จรูปทั้งชุด รวมทั้งอ่างล้างหน้าและที่รองรับ สามารถยกมาติดตั้งได้ทันทีโดยไม่ต้องอาศัยวัสดุก่อเลย สำหรับผนังภายนอกก็ควรใช้ชนิดสำเร็จรูปเช่นกัน

นอกจากจะแยกโครงสร้างออกเป็น 3 ระบบใหญ่ ๆ แล้ว ยังสามารถแยกย่อยลงไปได้อีกเป็นหลายชนิด แบ่งตามลักษณะการทำงานของตัวโครงสร้างนั้น ๆ หลักเกณฑ์มีอยู่ว่า วิศวกรจะต้องตัดสินใจเลือกโครงสร้างชนิดหนึ่งให้เหมาะสมกับงานในโครงการหนึ่ง ๆ แล้วคำนวณออกแบบให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นไปตามสมมติฐานที่ใช้กับโครงสร้างชนิดนั้น ๆ และในการก่อสร้างก็ต้องทำให้เป็นไปตามนั้นด้วย เช่น เมื่อเลือกใช้โครงสร้างชนิดโครงข้อแข็ง ก็คำนวณออกแบบให้โครงสร้างนั้นทำงานเป็นโครงข้อแข็งโดยใช้สมมติฐานและเกณฑ์กำหนดของโครงข้อแข็งทุกประการ ในการเสริมเหล็กก็จะต้องผูกในลักษณะเป็นโครงข้อแข็ง ไม่ใช่คำนวณออกแบบเป็นโครงข้อแข็งแต่เสริมเหล็กแบบคานเท่ากับศูนย์แต่ที่จุดเดียวกันสำหรับโครงข้อแข็งจะเกิดโมเมนต์ลบสูงสุด เป็นต้น โครงสร้างที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นโครงสร้างที่ไม่สลับซับซ้อนมากนักอาจพบได้ทั่วไป

พื้นกับคาน

โครงสร้างชนิดพื้นกับคานนี้ เป็นโครงสร้างที่นิยมใช้กันมานานจนถึงปัจจุบันเหมาะสำหรับอาคารทั่วไป การถ่ายแรงเป็นแบบตรงไปตรงมา คือ น้ำหนักบรรทุกจะถ่ายลงพื้น พื้นถ่ายลงคาน คานถ่ายต่อลงเสาและฐานรากตามลำดับ สำหรับอาคารสูงคานจะเป็นองค์อาคารที่ถ่ายแรงและโมเมนต์อันเกิดจากแรงลมเข้าเสาในลักษณะเป็นโครงข้อแข็ง และเข้าผนังรับแรงเฉือนเช่น ปล่องลิฟท์ โครงสร้างชนิดนี้เหมาะกับอาคารที่มีช่วงคานไม่กว้างมากเกินไป

ในกรณีที่เป็นคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีช่วงกว้างมาก จะต้องใช้คานที่มีความลึกมากถ้าความสูงระหว่างชั้นไม่มากพอจะเกิดปัญหาได้ โดยเฉพาะถ้าเป็นอาคารสูงมักจะกำหนดระยะระหว่างชั้นไว้น้อยมาก ทั้งนี้เพื่อเพิ่มจำนวนชั้นให้ได้มากที่สุดเท่าที่เทศบัญญัติจะยอมให้ เพราะในเขตเทศบาลมักกำหนดขอบเขตของความสูงที่จะยอมให้ก่อสร้างอาคารได้ไว้ ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งก็คือ ระบบท่อของระบบปรับอากาศซึ่งจะต้องใช้เนื้อที่ใต้ท้องคานมากพอสมควรปกติจะต้องเว้นไว้ประมาณ 0.40-0.50 ม. ฉะนั้นการที่จะใช้โครงสร้างชนิดนี้จะต้องพิจารณาเกี่ยวกับความสูงและจำนวนชั้นของอาคารเป็นสำคัญ

1. **พื้น**

แผ่นพื้นคอนกรีตหล่อกับที่เพียงอย่างเดียวก็สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายชนิด เช่น

- แผ่นพื้นทางเดียว (One-Way Slab) เป็นพื้นที่มีคานหลักเพียงสองข้าง เหล็กเสริมเอกของแผ่นพื้นพาดระหว่างคานทั้งสองนั้น
- แผ่นพื้นสองทาง (Two-Way Slab) ทั่วไปประกอบด้วยคานหลักสี่ข้างเป็นกรอบเหล็กเสริมเอกของแผ่นพื้นพาดเป็นตะแกรงบนคานทั้งสี่ด้านนั้น
- แผ่นพื้นกระทง (Waffle Slab หรือ Two-way-tee-beam Slab) ประกอบด้วยคานซอยตัดกันเป็นตะแกรง
- แผ่นพื้นชนิดมีตง (Ribbed Slab) เป็นระบบพื้นที่มีคานซอย หรือคงพาดบนคานหลักทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **คาน**

คานก็เช่นเดียวกับพื้นมีรูปร่างได้หลายลักษณะ เช่น คานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า, รูป I รูป T หรือคานท้องเว้า (Haunched Beam), คานแบน หรือคานลึก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงคาน น้ำหนัก บรรทุกจรและความต้องการอื่น ๆ เช่น ถ้าต้องการให้ระบบท่อลอดใต้ท้องคาน แต่ความสูงของชั้นไม่พอ ก็อาจทำเป็นคานท้องเว้าได้ หรือถ้าช่วงคานกว้างและมีความสูงระหว่างชั้นเพียงพอ

สำหรับเสาซึ่งทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักจากคานลงสู่ฐานรากนั้น สามารถออกแบบได้มากมายหลายลักษณะ เช่น กลม แปดเหลี่ยม รูป Y, รูป H, รูป T และอื่น ๆ อีกมาก แต่ปกติมักทำเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพราะง่ายในการสร้าง เสานั้นอาจจะตรงเป็นแนวดิ่งหรือเอียงเป็นรูป V ก็ได้ ในกรณีอาคารประเภทโรงแรม หอพัก หรืออาคารชุดที่มีผนังทึบกั้นระหว่างห้องหรือระหว่างยูนิต ก็อาจใช้ผนังรับน้ำหนัก (Bearing Wall) ทำหน้าที่แทนทั้งคานและเสาก็ได้ การใช้ผนังรับน้ำหนักกับอาคารประเภทดังกล่าวนี้ทำให้การใช้เนื้อที่ของห้องเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพราะไม่มีเสาโผล่อยู่ในห้อง ทำให้สะดวกในการตกแต่งภายใน

แผ่นพื้นไร้คาน

แผ่นพื้นไร้คานประกอบด้วยพื้นซึ่งทำหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกและถ่ายลงสู่เสาโดยตรงโดยไม่ต้องอาศัยคาน หากเสามีขนาดเล็กเกินไป จะเกิดแรงเฉือนที่บริเวณส่วนบนของเสาสูงก็อาจขยายให้โตขึ้นเป็นรูปกรวยเรียกว่า "หัวเสา" (Column Capital) และถ้าช่วงเสากว้างมาก ๆ อาจทำให้แผ่นพื้นหนามากเกินความต้องการได้ ในกรณีเช่นนั้นอาจใช้แป้นหัวเสา (Drop Panel) คือเพิ่มความหนาของแผ่นพื้นเฉพาะบริเวณหัวเสา ส่วนที่เหลือจะบางกว่า เพื่อป้องกันการเกิดแรงเฉือนที่บริเวณส่วนบนของเสาถ้าสภาพต่าง ๆ ค่อนข้างวิกฤติ เช่นเสากว้างมาก น้ำหนักบรรทุกก็มาก และต้องการความหนาของแผ่นพื้นตรงส่วนกลางน้อยด้วยแล้ว ก็อาจต้องใช้ทั้งหัวเสาและแป้นหัวเสา

ประโยชน์โดยตรงของแผ่นพื้นไร้คานก็คือ ต้องการความหนาของโครงสร้างน้อยมาก ทำให้สามารถเพิ่มจำนวนชั้นของอาคารได้ถ้าต้องการ สำหรับช่วงเสาขนาด 9.00 ม.X9.00 ม. ถ้าใช้โครงสร้างชนิดพื้นกับคานอาจต้องใช้คานลึกถึง 0.80 ม. แต่สำหรับแผ่นพื้นไร้คานต้องการความหนาเพียง0.25 ม.หรือถ้าจะใช้แผ่นพื้นไร้คานระบบคอนกรีตอัดแรงชนิด Post Tensioning ด้วยแล้วความหนาจะเหลือเพียง 0.20 ม. เท่านั้น ยิ่งกว่านั้นโครงสร้างชนิดนี้เหมาะมากสำหรับอาคารช่วงกว้างที่มีระบบท่อปรับอากาศเต็มไปหมด เพราะสามารถเดินท่อได้ตรงไปต้องหักหลบคาน หรือหักลอดคาน ทำให้สามารถลดระยะระหว่างชั้นลงได้มาก อีกประการหนึ่ง ระบบแบบหล่อก็ง่ายมาก สร้างได้รวดเร็ว และประหยัด ส่วนปริมาณคอนกรีตพื้นและเหล็กเสริมจะมากกว่าชนิดพื้นกับคานเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

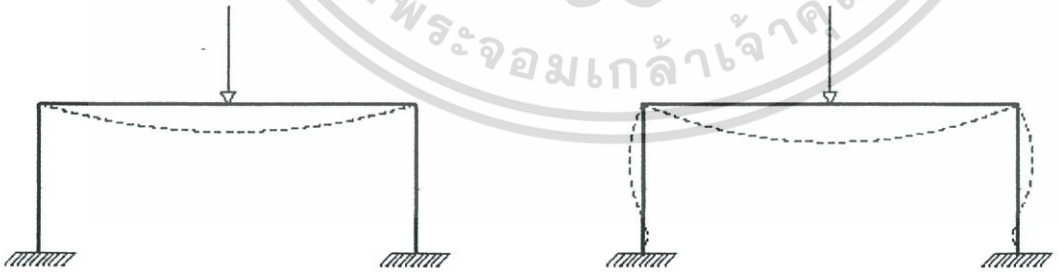
เล็กน้อย ทั้งการทนไฟก็ดีมาก เพราะพื้นหนากว่าธรรมดา อย่างไรก็ดี ยังมีข้อกำจัดสำหรับแผ่นพื้นไร้คานอยู่บ้าง อาทิ

1. ควรมีช่วงเสาอย่างน้อย 3 ช่อง ทั้งสองทิศทาง
2. ความยาวต่อความกว้างไม่ควรต่างกันเกิน 20%
3. ไม่ควรมีการลดระดับมากนัก โดยเฉพาะบริเวณเสา
4. โครงสร้างไม่ควรสูงเกินไป เพราะแผ่นพื้นไร้คานจะถ่ายแรงลมและโมเมนต์อันเกิดจากแรงลมเข้าเสาได้น้อย และตัวแผ่นพื้นเองก็รับได้ไม่มากนัก ตัวที่จะรับแรงลมเกือบทั้งหมดคือ ผนังรับแรงเฉือน (Shear Wall) เช่น ผนังปล่องลิฟท์ ฉะนั้น ถ้าจะใช้กับอาคารสูงมาก ๆ จะต้องมีผนังรับแรงเฉือนที่มีขนาดกว้างยาวและความหนามากพอ และวางในตำแหน่งที่ถูกต้องเหมาะสม
5. ไม่ควรมีส่วนยื่นจากเสามากเกินไปเพราะส่วนปลายของแผ่นพื้นอาจจะโก่งลงได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีผนังหนัก ๆ เช่น ผนังอิฐก่ออยู่บริเวณปลายของแผ่นพื้น อาจเกิดการแตกร้าวได้ หรือมิฉะนั้นอาจต้องเพิ่มความหนาของแผ่นพื้น หรือขยายแป้นหัวเสาหรือทำคานแบนอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อลดการโก่งตัวนี้

ข้อควรคำนึงของแผ่นพื้นไร้คานเกี่ยวกับความหนาของแผ่นพื้นคือไม่ควรใช้ความหนาน้อยเกินไป เพราะจะทำให้การเสริมเหล็กยาก และเปลืองเหล็ก นอกจากนั้นอาจเกิดการโยกตัวหรือพื้นสั่นขณะใช้งานได้

โครงข้อแข็ง

โครงข้อแข็งได้แก่โครงสร้างที่ประกอบด้วยองค์อาคาร เช่น คานและเสาที่ต่อเนื่องกันเป็นโครงอันเดียว ข้อแตกต่างระหว่างโครงข้อแข็งกับโครงสร้างชนิด คานกับเสา คือ



(ก) การเสริมเหล็กแบบคานกับเสา (ข) การเสริมเหล็กแบบโครงข้อแข็ง

ภาพที่ ข5 แสดงข้อแตกต่างระหว่างโครงข้อแข็งกับโครงสร้างชนิดคานกับเสา

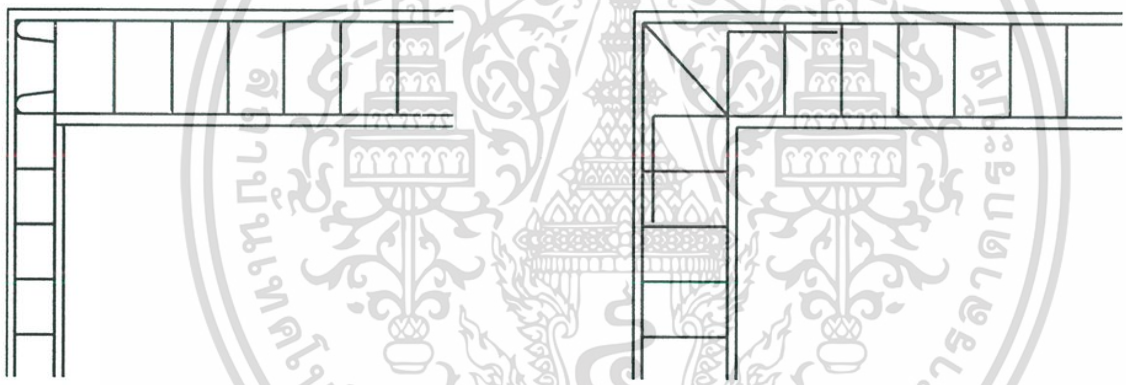
จากภาพที่ ข5 ถ้าเป็นคานกับเสาเมื่อมีน้ำหนักลด เช่นในรูป (ก) มุมระหว่างเสาและเส้นสัมผัสของคาน ณ จุดที่รองรับจะไม่เท่าเดิม ตามรูปมุมเดิม 90 แต่หลังจากรับแรงกดแล้วมุมจะน้อยกว่า 90 และโมเมนต์จะไม่ถ่ายเข้าเสา จะมีบ้างก็เพียงเล็กน้อย ตรงกันข้ามกับโครงข้อแข็ง เช่นในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) หลังจากรับน้ำหนักแล้วมุมระหว่างเส้นสัมผัสของโครงสร้างที่โก่งตัว (Deflected Structure) จะต้องคงที่เหมือนเมื่อก่อนที่จะเกิดการโก่งตัว เช่นในรูป (ข) มุมเดิมระหว่างเสากับคานเท่ากับ 90 หลังจากรับน้ำหนักแล้วมุมระหว่างเส้นสัมผัสก็ยังคงเป็น 90 หรือถ้ามุมเดิมเป็น 120 ก็ต้องคง 120 ตลอดไป

ถ้าช่วงกว้างเท่ากัน น้ำหนักบรรทุกเท่ากัน โมเมนต์ขององค์อาคารในแนวราบตามรูป (ก) ที่กึ่งกลางคานจะสูงกว่า ตามรูป (ข) มาก ทำให้ต้องใช้คานลึก แต่ในกรณีของรูป (ข) โมเมนต์จะเฉลี่ยตลอดองค์อาคารทั้งทางแนวราบและแนวตั้ง ทำให้ค่าลดลงมาก ฉะนั้นหน้าตัดขององค์อาคารก็จะเล็กลงด้วย

หลักสำคัญก็คือ ในการออกแบบวิศวกรจะตัดสินใจเลือกชนิดของโครงสร้าง ออกแบบให้เป็นอย่างนั้น และต้องสร้างให้เป็นตามที่ออกแบบไว้ด้วย โปรดสังเกตความแตกต่างของการเสริมเหล็กตามรูป (ค) และ (ง) คือในรูป (ค) การผูกเหล็กเสาและคานไม่มีความต่อเนื่องกันแต่ตามรูป (ง) มีความต่อเนื่องกันอย่างดี เพื่อที่คานและเสาสามารถรับโมเมนต์ได้เท่ากัน ดังภาพที่ ข6



(ค) การเสริมเหล็กแบบคานกับเสา (ง) การเสริมเหล็กแบบโครงข้อแข็ง

ภาพที่ ข6 แสดงข้อแตกต่างของการเสริมเหล็กระหว่างโครงข้อแข็งกับโครงสร้างชนิดคานกับเสา

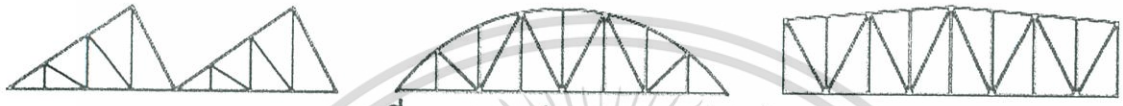
โครงข้อแข็งเหมาะกับอาคารประเภทโกดังสินค้า โรงกีฬา และอาคารอื่นที่มีลักษณะเดียวกัน โดยเฉพาะที่มีช่วงหลังคายาวมาก ๆ และอาคารสูงทั่วไปที่ต้องออกแบบให้รับแรงลมและแผ่นดินไหว ถ้ามีความสูงระหว่างชั้นเพียงพอที่จะใส่คานได้ ก็ควรออกแบบให้เป็นโครงข้อแข็ง ทั้งนี้เพื่อความประหยัดและปลอดภัยโครงสร้างชนิดนี้อาจนับรวมถึงโครงโค้ง (Arch) ด้วยก็ได้ เพราะวิธีวิเคราะห์ใช้หลักการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 3 โครงสร้างหลังคา

โครงข้อหมุน

โครงข้อหมุนประกอบด้วยองค์อาคารต่อกันเป็นรูปสามเหลี่ยมหลาย ๆ รูปลักษณะของโครงข้อหมุนมีมากมายหลายอย่างทั่ว ๆ ไปมักเป็นรูป 3 เหลี่ยม, โค้ง, แบนราบ, สี่เหลี่ยมคางหมู เช่นและมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันตามลักษณะการวางองค์อาคารภายใน ดังภาพที่ ข7



ภาพที่ ข7 แสดงข้อรูปแบบของโครงข้อหมุน

และมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันตามลักษณะการวางองค์อาคารภายใน ดังภาพที่ ข8

ภาพที่ ข8 แสดงข้อรูปแบบของโครงข้อหมุนชนิดต่าง ๆ

ปกติโครงข้อหมุนมักทำด้วยเหล็กรูปพรรณหรือไม้ เพราะจะให้สภาพใกล้เคียงกับสมมติฐานคือ "ข้อหมุน" มากที่สุด แต่บางครั้งก็อาจนำมาประยุกต์ใช้กับคอนกรีตได้เหมือนกัน ในการวิเคราะห์โครงสร้างจะกำหนดให้องค์อาคารแต่ละท่อนรับแรงตามแนวแกนเท่านั้นไม่มีโมเมนต์ดัด เพราะในการคำนวณออกแบบได้ตั้งสมมติฐานว่าจุดร่วม (Joint) ทุกแห่งเป็นเสมือนบานพับ (Hing) ซึ่งไม่สามารถรับโมเมนต์ได้ ทำให้ไม่มีโมเมนต์ถ่ายเข้ามาในองค์อาคาร ฉะนั้นจึงเป็นโครงสร้างที่ประหยัดชนิดหนึ่ง อย่างไรก็ดี ตามสภาพความเป็นจริงแล้วจุดร่วมไม่ได้มีสภาพเป็นบานพับตามสมมติฐาน แต่จะมีการยึดแน่นพอสมควร เช่น การใช้สลักเกลียวจำนวนมาก ๆ และ การเชื่อมองค์อาคารเหล็กเข้าด้วยกัน โดยเฉพาะถ้าเป็นโครงคอนกรีตเสริมเหล็ก การยึดที่จุดร่วมจะแน่นหนายิ่งขึ้น ฉะนั้น ในการออกแบบจึงต้องคำนวณเผื่อโมเมนต์ที่อาจเกิดขึ้นนี้ด้วย

ถ้ากล่าวถึงโครงข้อหมุนธรรมดาจะหมายถึงชนิด 2 มิติ คือมีแต่ความกว้างและความยาวเท่านั้น ส่วนที่ต่อเชื่อมโครงข้อหมุนสองชุดอาจเป็นโครงสร้างอะไรก็ได้ ตัวอย่างง่าย ๆ คือโครงหลังคาสมมติว่าแต่ละโครงห่างกัน 4 เมตร ส่วนที่พาดระหว่างโครงหลังคาแต่ละโครงจะเป็นแป ซึ่งมักทำด้วยเหล็กรูปตัว I นอกจากนี้โครงหลังคาที่มีช่วงกว้างมาก ๆ เช่น หลังคาโรงงานหรือ โกดังสินค้าแล้ว โครงข้อหมุนยังนำไปใช้ได้กับโครงสร้างช่วงกว้างอื่น ๆ อีกมาก เช่น สะพานอาคาร ทางเดินข้ามถนน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงข้อหมุนยังนำไปใช้ได้กับโครงสร้างช่วงกว้างอื่น ๆ อีกมาก เช่น สะพานอาคาร ทางเดินข้ามถนน เป็นต้น

ความหมายของโครง Truss

คือ โครงสร้างแบบโครงประกอบขึ้นจากท่อน ซึ่งรับแรงโดยตรงจัดประกอบเป็นโครงต่อยึดติดเป็นรูปสามเหลี่ยมหลายรูป อยู่ในระนาบเดียวกันประกอบด้วยส่วนประกอบหลายส่วนคือ Vertical, MembersDiagonal Members เชื่อมเข้าด้วยกัน เป็นโครงสร้าง 2 มิติ

ประเภทของโครงสร้าง Truss

1. **ชนิดของโครงสร้าง Truss**

โครงสร้าง Truss พื้นฐานแบ่งออกเป็น 3 ประเภท และเมื่อจัดอันดับของโครงสร้าง Truss เรียงตามประสิทธิภาพของการถ่ายน้ำหนักลงจุดรองรับ และการประหยัดวัสดุประกอบโครงสร้างมากที่สุด เมื่อรองรับน้ำหนักบรรทุกเท่ากัน จัดได้ดังนี้

1.1 โครงคันธนู (Bowstring Truss) สามารถทำช่วงกว้างของโครงสร้างได้มาก ถึง 75 เมตร อัตราส่วน H:L = 1:6-8

1.2 โครงรูปจั่วปลายยอด (Pitch Truss) สามารถทำช่วงกว้างของโครงสร้างได้ ถึง 24 เมตร อัตราส่วน H:L = 1:5-7

1.3 โครงรูปแบบตั้ง (Flat Truss) สามารถทำช่วงกว้างของโครงสร้างได้ถึง 24 เมตร อัตราส่วน H:L = 1:8-10

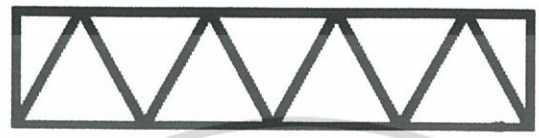
2. **ระบบการจัด Members**

การจัด Members ไม่ตายตัว ขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่ตกลงมา และความต้องการพื้นที่ว่างใต้หลังคาระบบการจัด Members แบ่งออกเป็น 5 ระบบ ซึ่งนำไปใช้กับโครงสร้าง Truss พื้นฐานในระบบต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 แบบวอเรน (Warren) ประกอบด้วย Diagonal Members เท่านั้นรูปร่าง เหมือนตัว W ซึ่งต่อเนื่องกันโดยทั่วไปจะได้ใช้กับ Flat Truss

Bowstring Truss แบบ Warren



Flat Truss แบบ Warren

2.2 แบบเบลเจียน (Belgian) มีรูปคล้ายกับแบบ Warren แต่ Diaganal Member จะตั้งฉากกับ Upper Chord แบบ Belgian นี้ใช้กับ Flat Truss ไม่ได้ตัว Member จะรับแรงอัดได้น้อยกว่าแรงดึง ในโครงหลังคาอาจโผล่ค้ำยันมารับแบ หรือ ตังรับหลังคาได้ แรงใน member ทุกตัวใกล้เคียงกันออกแบบรอยต่ออาจทำได้ง่าย

Bowstring Truss แบบ Belgian

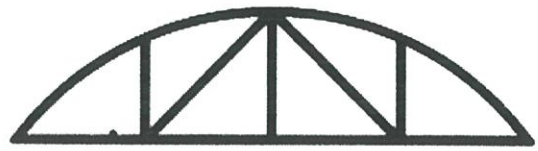
Pitch Truss แบบ Belgian

2.3 แบบฟิงค์ (Fink) มีลักษณะคล้ายกับแบบ Belgian แต่มีตั้งค้ำ Members เพื่อกันไม่ใช้เกิดการบิดงอเพราะตัวมันอาจจะยาวเกินไป Members ในระบบนี้ใช้ในกรณีที่มีแรงอัดมาก ๆ เนื่องจากแรงในตัวค้ำยันมากทำให้จุดที่ Member 3 ตัวมาเชื่อมต่อกันออกแบบได้ยาก

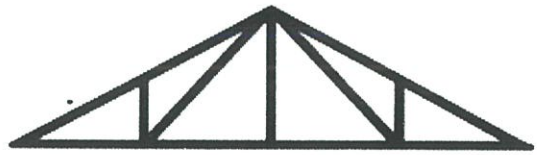
Pitch Truss แบบ Fink

2.4 แบบเพรทท์ (Pratt) เป็นแบบที่มี Vertical Members ตั้งฉากกับ Lower Chord และ diagonal Members มีลักษณะเป็น Negative Sag ใช้กับโครงที่มีแรงอัดน้อยและรับแรงดึงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Bowstring Truss แบบ Pratt



Pitch Truss แบบ Pratt

Flat Truss แบบ Pratt

2.5 แบบเฮา (Howe) คล้าย Pratt แต่ Diagonal Members มีลักษณะเป็นแบบ Positive Sag และ มีดั้งตั้งอยู่ตรงกลาง

Bowstring Truss แบบ Howe

Pitch Truss แบบ Howe

วัสดุใช้งานโครงสร้าง Truss

วัสดุก่อสร้าง โดยทั่ว ๆ ไปมีวัสดุสำคัญที่นิยมใช้อยู่ได้แก่ เหล็ก อลูมิเนียม ค.ส.ล. ไม้ พลาสติกเป็นต้น

โดยที่วัสดุก่อสร้างแต่ละชนิดต่างก็มีคุณสมบัติเฉพาะของแต่ละชนิด และมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปจึงควรทราบเรื่องของวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิดโดยละเอียด

เหล็ก (Steel) เหล็กมีกำลังความแข็งแรงสองทางรับแรงอัดแรงดึง ได้ดีเยี่ยมทำให้ สามารถออกแบบหน้าตัดได้เล็กรับน้ำหนักได้มาก กำลังรับความเค้นได้ถึง 4200-5000 กก./ซม^2 ความเค้นใช้งาน 1200 กก./ซม^2 เมื่อวัสดุรับแรงตัดจะเกิดแอ่นตัววัสดุใดถ้าความยืดหยุ่นคืนตัวอยู่ในขีดจำกัดแล้วมีการแอ่นตัวได้ดีมากว่าความแข็งแรงเสียอีก เหล็กมีค่าพิกัดความยืดหยุ่น (Modulus Of Elasticity) สูงดังนั้นคานเหล็กใช้หน้าเล็ก ก็พอรับแรงได้มากโดยไม่เกิดการแอ่นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติยืดเป็นเส้นได้ (Ductility) สูง และจุดล้า (Yield Point) สูงถึง 2250 กก./ซม^2 วัสดุอื่นเมื่ออ่อนดึงเป็นเส้นได้ง่ายๆจะเกิดเสียหายเมื่อยังไม่หักพังทันที ในโครงสร้างทั่วไปมักเกิดแรงมากมายขึ้นตรงเนื้อที่จำเพาะที่รับแรงนั้น ๆ ก็ได้และอาจเกิดเสียหายได้ทันที ถ้าไม่ป้องกันเลือกใช้วัสดุให้ถูก เหล็กมีคุณสมบัติทางนี้ดี จะเกิดการแปรรูปพลาสติก (Plastic Flow) ซึ่งเป็นการแปรรูปอย่างช้า ๆ ในลักษณะที่ไม่ใช่ยืดหยุ่น รอบเนื้อที่รับแรงเฉพาะจุดดังกล่าว จะถ่ายเทแรงไปรอบ ๆ ตัวได้โดยไม่เกิดแรงประลัยพินาดเหล็กก็รับแรงได้มาก

อลูมิเนียม (Aluminium) ถ้าใช้ชนิดบริสุทธิ์ เกิดการอ่อนตัวมาก ควรใช้ชนิดผสมกับธาตุอื่น เพราะมีกำลังดีมาก มีน้ำหนัก 1/3 ของเหล็ก กำลังของอลูมิเนียมที่ใช้ผลิตใช้ทั่วไปมีแรงประลัยถึง 2500 กก./ ซม^2 แรงปลอดภัยใช้ 1050 กก./ ซม^2 คุณสมบัติทางความยืดหยุ่นประมาณ 1/3 ของเหล็ก ถ้ามีขนาดเท่ากัน อลูมิเนียมจะแอ่นตัวมากกว่าเหล็กถึง 3 เท่า ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้หน้าลึกมากขึ้นพวกหน้าตัดบางๆต้องป้องกันการโก่งเดาะเฉพาะแห่ง (Local Buckling) โดยเฉพาะตัวตั้งแกนตั้ง (Web) อาจเสียหายได้ง่ายควรใช้หน้าตัดที่มีปีกยื่น (Flange) หรือมีหน้าตัดอ้วนล้ำ หรือมีหน้าตัดเป็นรูปกล่อง (Box) หรือมีปลายยื่นเป็นปุ่มปมก่อนจะเกิดการเสียหายอลูมิเนียมมีการยื่นตัวเพียงเล็กน้อย มีการแปรรูปพาสติกน้อย ทนสนิมได้ดี การยื่นตัวมากเป็น 2 เท่าของเหล็ก ต้องเตรียมป้องกันการยืดตัวเนื่องจากอุณหภูมิ (Temperature Movement) ดังนั้นจะเห็นว่างานโครงสร้างมีน้ำหนักบรรทุกน้อยเบา ๆ ใช้ได้เหมาะมาก

องค์ประกอบของโครงสร้าง Truss

1. Upper Chord หมายถึง โครงท่อนตัวนอนซึ่งเป็นตัวบนของ Truss ทำหน้าที่รับแรงอัดเปรียบเหมือนจันทัน

2. Lower Chord หมายถึง โครงท่อนตัวล่างที่วางตามนอน ทำหน้าที่รับแรงดึงเปรียบเหมือนขื่อ

3. Vertical Members หมายถึง โครงท่อนที่วางตั้งตามแนวดิ่งทำหน้าที่รับแรงอัดเปรียบเหมือนตัวตุ๊กตา

4. Diagonal Members หมายถึง โครงท่อนที่วางเฉียงตามแนวดิ่งทำหน้าที่รับแรงดึงเปรียบเหมือนค้ำยัน

5. Joints หมายถึง จุดรอยเชื่อมต่อของโครงสร้างตรงจุดนี้ความเค้นที่เกิดขึ้นจะต้องสมดุลย์หมายความว่าจะมีแรงอัดแรงดึงเท่ากันหรือต้านกัน

6. Pitch หมายถึง มุมซึ่งเกิดจาก Upper Chord กระทำกับ Lower Chord

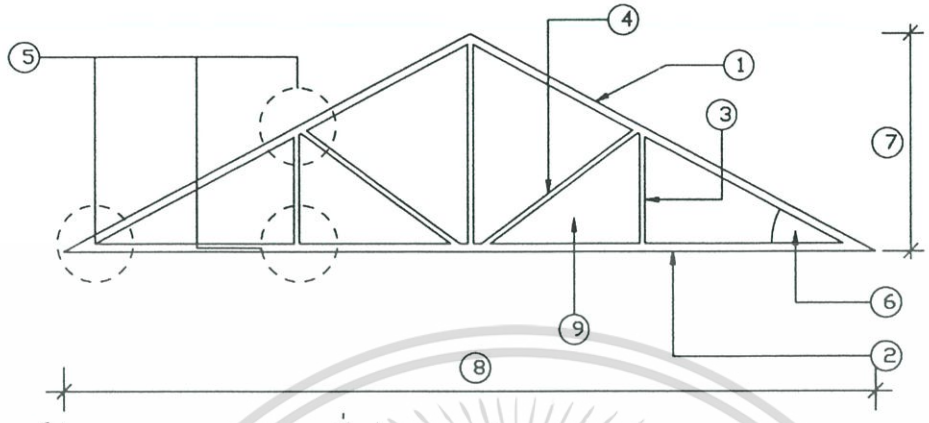
7. Rise หมายถึง ความลึกหรือความหนาของโครงสร้าง Truss โดยมากขึ้นอยู่กับความกว้างของ Span น้ำหนักบรรทุก

8. Span หมายถึง ความกว้างซึ่งเป็นช่วงห่างของ Support ที่รองรับโครงสร้าง

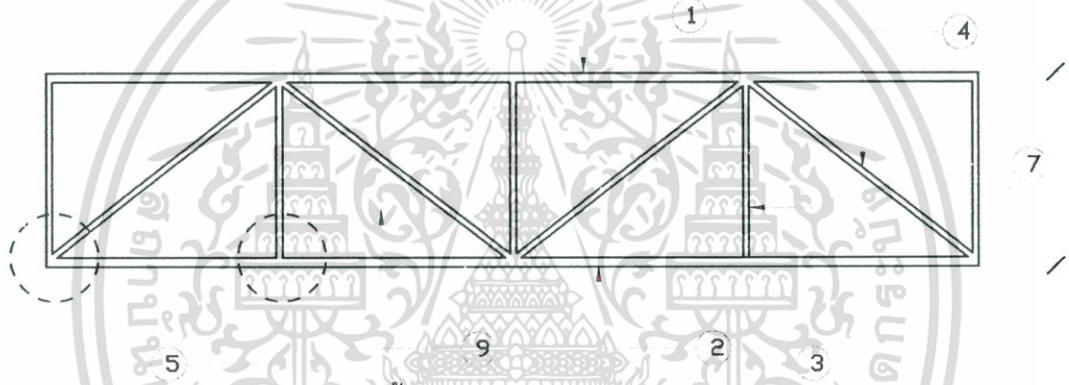
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Panal หมายถึง รูปสามเหลี่ยมที่เกิดจากโครงสร้าง Upper Chord กระทำกับ Lower Chord และ Member

10. Bay หมายถึง ระยะห่างของ Truss 2 ตัว



องค์ประกอบของ Truss แบบจั่วปลายยอด (Pitch Truss)



องค์ประกอบของ Truss แบบแบนตั้ง (Flat Truss)

ลักษณะของฐานรองรับโครงสร้าง Truss

การออกแบบโครงถักที่ถูกต้องตามทฤษฎีจะต้องให้ Members ทุกตัวทำหน้าที่รับแรงตรงกับการคำนวณหาแรงต่าง ๆ ใน Members ของโครงถัก โดยวิธีการของ Methord Of Sections หรือ Method Of Joints เพราะถ้า Members ตัวใดตัวหนึ่งรับแรงผิดประเภทไปจะทำความเสียหายให้แก่ตัวโครงถักได้และอาจเป็นอันตรายแก่ตัวอาคารด้วย

โครงถักเราอาจออกแบบให้วางอยู่บน 2 Supports หรือมากกว่าแล้วแต่กรณี แต่โดยทฤษฎีและการปฏิบัติทางด้านวิศวกรรมโครงสร้างเราจะคิดให้โครงถักมีระยะของช่วง (Span) ระหว่าง 2 Supports นอกจากจะมีการออกแบบโครงถักแบบต่อเนื่องกันหลายช่วง

โครงถักโลหะมีการขยายตัว และหดตัวตามแรงที่ได้รับจากการเปลี่ยนแปลง ของอุณหภูมิ (Thermal Street) ฉะนั้นการออกแบบข้อต่อ (Connection Joint) ของโครงถักที่ Support จะต้องพิจารณาจากสภาวะของโครงถักในด้านการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโครงถัก มีการขยายตัวตามสัมประสิทธิของการขยายตัวของโลหะแต่ละประเภทจำเป็นต้องออกแบบให้ปลายข้างหนึ่งตรึงแน่น และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ปลายอีกข้างหนึ่งอิสระ เพื่อให้โครงถักมีโอกาสขยายตัวและหดตัวได้ตามแนวช่วงของโครงถัก หรืออาจออกแบบให้โครงถักมีปลายทั้งสองข้างอิสระแล้วแต่กรณีแต่ทั้งนี้ปลายข้างหนึ่งต้องอิสระ ในลักษณะ Fixed Pin Joint

ลักษณะข้อต่ออิสระอาจออกแบบได้ 4 ลักษณะ คือ

1. โครงถักช่วงไม่กว้างมากควรออกแบบให้ขยายตัวได้ในลักษณะกึ่งอิสระคือ เลื่อนตามรูน็อตสกรูซึ่งจัดไว้ในลักษณะ Slot แบบนี้ยังมีความผืดระหว่างแผ่นโลหะที่รองโครงถักกับแผ่นโลหะรับน้ำหนักบนหัวเสา (Bearing Plate)

2. โครงถักขยายและหดตัว โดยเลื่อนด้วยอุปกรณ์ลูกล้อเลื่อน (Roller) บนรางเลื่อน (Track) ในแนวเดียวกับช่วงของโครงถัก แบบนี้ใช้ได้ผลดีสำหรับโครงถักช่วงกว้างมาก

3. ปลายโครงถักอิสระในลักษณะของ Hing, Pan, Rocker หรือ Sliding Plate

4. โครงถักขยายและหดตัวโดยเลื่อนด้วยอุปกรณ์ตลับลูกปืน (Ball Bearing) หรือ โดยการใช้ Ball Bearing เดี่ยวร่วมกับหมอนสปริงหนุนซึ่งทำด้วยลวดเหล็กขดเป็นสปริง 2-4 จุด (สองข้างหรือโดยรอบตัวลูกปืนรับน้ำหนัก) รายละเอียดข้อต่อดังกล่าวในข้อนี้เหมาะกับโครงถักที่มีช่วงกว้างมากและโครงถักที่การแกว่งตัว (Sway) ในด้านข้างของโครงถักหรือโครงถักที่ได้รับแรงเสมือนสูงเช่น สะพาน โครงหลังคาโรงงานที่สร้างในทะเลเป็นต้น

ประวัติโครงสร้าง

มนุษย์ได้มีความสนใจเรื่อง โครงสร้างมานานแล้ว แรกเริ่มเดิมทีก็เป็นโครงสร้างของที่อยู่อาศัยต่อมาเป็นอาคารทางราชการและอาคารสำหรับพิธีทางศาสนา โครงสร้างที่สร้างกันในสมัยก่อน ๆ มิได้มีทฤษฎีทางวัสดุศาสตร์และกลศาสตร์ของวัตถุแต่อาศัยความชำนาญและการคาดคะเนขนาดของชิ้นส่วนในด้านความปลอดภัยชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เห็นได้ชัด ก็มี เสา คาน คานโค้ง และยังไม่มีโครงสร้างทางคอนกรีตเสริมเหล็ก และคอนกรีตอัดแรง การพัฒนาการก่อสร้างสามารถแบ่งเป็นยุค ๆ ดังนี้

- ยุค Preechristian And Ronan Period ในยุคนนี้ชาวกรีกและอียิปต์พัฒนาคณิตศาสตร์ (เรขาคณิต) ซึ่งเป็นประโยชน์ในทางก่อสร้างเช่น Pythagoras (ราว 600 B.C.) Archimedes (ราว 250 B.C.)

- ยุค Renaissance And Post-Renaissance Period ในยุคนี้เกิดราว ค.ศ. 1450-1850 มีนักวิทยาศาสตร์ เด่น ๆ หลายคน เช่น Galileo, Hooke, Newton, Coulomb, Bernoulli, Da Vinci ยุคนี้เป็นจุดที่เริ่มใช้วิศวกรรมเครื่องกล และความแข็งแรงของวัสดุในการก่อสร้างมีการค้าพบทฤษฎีและพฤติกรรมวัสดุสำหรับใช้ในการออกแบบโครงสร้าง และ เริ่มใช้โครง 1450-1851 สร้างชนิดที่เป็นโครงข้อหมุน (Truss) เป็นครั้งแรกโดยสถาปนิกชาวอิตาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ยุค Modern Period เริ่มตั้งแต่ ค.ศ. 1850 จนถึงปัจจุบัน วิศวกร โครงสร้างได้มีบทบาทสูงในการพัฒนาวัสดุใหม่ ๆ การใช้ช่วงรับน้ำหนักที่ยาวขึ้น และความสามารถในการรับน้ำหนักมากขึ้นเริ่มใช้ทฤษฎีกราฟในการวิเคราะห์ โครงสร้างของโครงข้อหมุนการวิเคราะห์ความเค้นโดย Mohr การหาระยะแอ่นและลาดของคานโดยวิธี Moment-Area และวิธีการของ Slope Deglection ในการวิเคราะห์โครง ข้อแข็ง วิธีการของ Moment-Disbribution และวิธีของ Finite-Element ในปัจจุบันได้มีการใช้คอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์โครงสร้างและทฤษฎีประลัย ในการวิเคราะห์พฤติกรรมโครงสร้าง กล่าวได้ว่ายุค Modern Period เป็นยุคแห่งการวิจัยและก่อสร้างด้วยวิทยาการใหม่ ๆ

การคำนวณโครงสร้าง

เราสามารถแยกโครงสร้างโดยทั่วไปออกเป็น

1. โครงสร้างที่สามารถวิเคราะห์โดยอาศัยหลักการสมดุลสถิตย์ ซึ่งได้แก่การนำสมการสมดุลย์ของแรง และโมเมนต์มาพิจารณาภาวะที่ขึ้นส่วนโครงสร้างหยุดนิ่ง สมการทั้ง 3 นั้น คือ

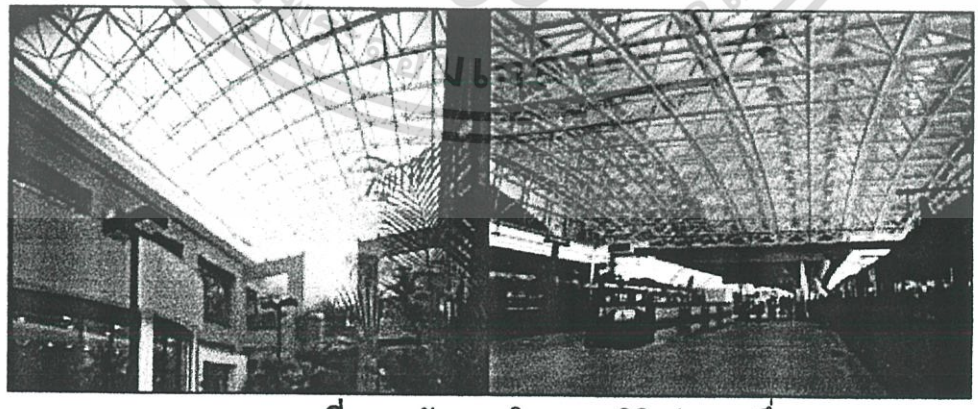
$F_x = O$ คือ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงในแนวนอนเป็นศูนย์

$F_y = O$ คือ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงในแนวดิ่งเป็นศูนย์

$M = O$ คือ ผลรวมทางพีชคณิตของโมเมนต์รอบจุดนั้นเป็นศูนย์

โครงสามมิติ

โครงสามมิติก็เช่นเดียวกับโครงข้อหมุน คือ ประกอบด้วย รูปสามเหลี่ยมหลาย ๆ รูปต่อเนื่องกันเพียงว่าโครงสามมิติมีความลึกด้วย ลักษณะทั่วไปก็มีทั้งรูปสามเหลี่ยม โค้งและราบ



ภาพที่ ข9 ลักษณะโครงสามมิติรูปแบบหนึ่ง

จากภาพที่ ข9 ตัวโครง Space-Frame ที่ประกอบขึ้นนี้ วางอยู่บนฐานซึ่งมีรูปทรงหลายเหลี่ยมและยึดติดกับส่วนล่างอย่างมั่นคง (Stable Polygon) และเป็นระบบโครงสร้างลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

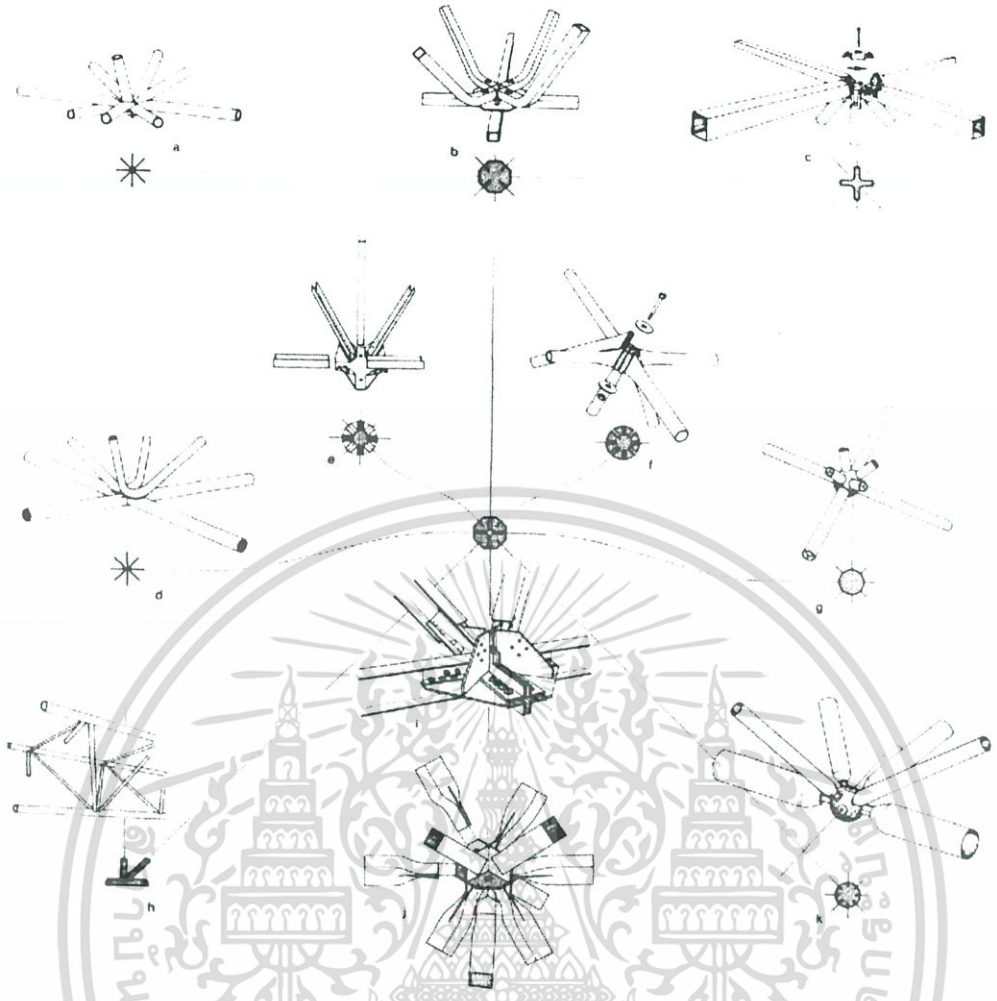
เดียวกับโครงสร้างของ Space-Frame ซึ่งคลุมหลังคาโครงการนี้เป็นสื่อตัวสำคัญในการแสดงเอกลักษณ์สำหรับสถาปัตยกรรมแบบใหม่ ซึ่งเป็นการสะท้อนให้เห็นว่าคุณสมบัติของ Architectural Space ในสมัยนั้นมีลักษณะที่ปราดเปรียว หรือที่เรียกว่า Dynamic ถึงแม้ว่ายังขาดความรู้ความชำนาญในเรื่องขนาดส่วนสัด และ เรื่องคุณสมบัติของโครงสร้างแบบเบา การใช้โครงสร้างแบบนี้มีความเหมาะสมสำหรับอาคารโถงขนาดใหญ่ เนื่องจากคุณสมบัติโดยธรรมชาติของระบบ Space-Frame ยึดหลักเกณฑ์ทางเลขาคณิตอย่างสมบูรณ์

โครง Truss อาจเป็นระบบราบแบน (Planar) หรือเป็นระบบโปร่ง (Spatial) ทั้งสองรูปแบบเป็นโครงสร้างแบบ One-Way Span ประกอบด้วยโครงข่ายลักษณะเดียวกันโดยตลอด โครงสร้างระบบ Spatial Truss มีรูปตัดตามแนวนอน (Horizontal Section) ลักษณะที่ยึดตัวในรูปแปลนซึ่งแตกต่างจากระบบ Planar Truss ที่มีรูปตัดเป็นลักษณะแนวตรง (Linear) รูปตัดตามแนวตั้งของ Spatial Truss มีรูปฟอร์มเป็นสามเหลี่ยม หรือเป็นลักษณะที่ประกอบด้วยโครงข่ายของรูปสามเหลี่ยมหลายอัน

ระบบโครงสร้างที่ประกอบด้วยโครงข่ายของชิ้นส่วนและรับแรงได้สองทิศทาง (Two-Way Span) คือโครง Truss ประเภท 3 มิติ (Three-Dimensional Truss) ระบบดังกล่าวนี้เรียกว่า "Space Frame" ซึ่งมีความสามารถรับแรงน้ำหนักจากทุกทิศทุกทาง โดยกระจายแรงน้ำหนักผ่านระบบของชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ ข้อต่อจุดต่าง ๆ ของ Space Frame สามารถถ่ายเทแรงน้ำหนักได้ 3 ทิศทาง เราจึงสามารถกำหนดหลักเกณฑ์เกี่ยวกับความสมดุลย์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญ 3 ประการ คือ สภาพความแข็งตัว (Rigidity) ตามทิศทางของแนวเส้นแกน x, y และ z ดังภาพที่ ข10 และ ข11

ภาพที่ ข10 แสดงโครงสามมิติพื้นฐานที่เสถียร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข11 แสดง Common Space Frame Joints

โครงสร้างเปลือกบาง (Thin –Shell Structure)

โครงสร้างชนิดนี้เป็นโครงสร้าง 3 มิติอีกอย่างหนึ่ง ส่วนมากมักจะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก หลักสำคัญก็คือมิติหนึ่งจะต้องน้อยกว่าอีกสองมิติมาก ๆ จากรูป Shell Element ความหนา h จะต้องน้อยกว่า rx และ ry มาก ๆ เช่น โครงสร้าง rx หรือ ry เท่ากับ 30 เมตร ความหนาของเปลือกไม่ควรเกิน 100 มิลลิเมตรเป็นต้น มิฉะนั้นจะผิดจากสมมติฐานมากจนกลายเป็น "เปลือกหนา" ไป เพราะในการวิเคราะห์ด้วยวิธี "Membrane Theory" ปกติจะคิด "Middle Surface" ที่กึ่งกลางความหนาเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติมักนำโครงสร้างเปลือกบางไปใช้กับหลังคา เพราะมีความสวยงามอยู่ในตัว จึงมักเรียกกันว่า หลังคาเปลือกบาง (Shell Roof) ลักษณะของแรงในโครงสร้างชนิดนี้แตกต่างกันไปตามรูปลักษณะของหลังคา บางชนิดก็มีแต่ Membrane Stress บางชนิดก็มีโมเมนต์ดัดด้วย

หลังคาเปลือกบางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ควรจะมีคุณสมบัติดังนี้ คือ

1. ภายในตัวโครงสร้างมีแต่ Membrane Stress
2. Membrane Stress ส่วนใหญ่เป็นแรงอัด
3. แบบหล่อไม่ยุ่งยาก (เพราะปกติโครงสร้างเปลือกบางมักจะแพงที่แบบหล่อ)

หลังคาเปลือกบางเป็นโครงสร้างที่ประหยัดหากเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงาน ปกติจะใช้กับอาคารที่มีช่วงกว้างมาก ๆ และต้องการให้มีความสวยงามในตัว เช่น โรงยิมเนเซียม เพราะหลังคาเปลือกบางจะตั้งอยู่ได้ด้วยตัวเอง ไม่ต้องมีคานเสากลางและแผ่นพื้นหรือโครงหลังคาอื่นอีกฉะนั้นจะใช้วัสดุก่อสร้างน้อยกว่าโครงหลังคาคอนกรีตชนิดอื่น ๆ ข้อเสียเปรียบอย่างเดียวก็คือราคาค่าทำแบบหล่อมักจะสูง แต่ถ้าเลือกชนิดของหลังคาที่เหมาะสมก็จะไม่แพงจนเกินไป

หลังคาเปลือกบางอาจแบ่งตามลักษณะรูปร่างของโครงสร้างได้ดังนี้ คือ

1. หลังคาเปลือกบางชนิดโค้งทางเดียว (Single-Curvature Shell)
2. หลังคาเปลือกบางชนิดโค้งสองทาง (Single-Curvature Shell)
3. หลังคาเปลือกบางชนิดหมุนรอบแกน (Shell Of Surface Revolution)
4. หลังคาเปลือกบางชนิดแบบปัสซึม (Prismatic Shell)
5. หลังคาเปลือกบางชนิดไม่มีรูปร่างทางเรขาคณิต

1. หลังคาเปลือกบางชนิดโค้งทางเดียว (Single-Curvature Shell)

ลักษณะหลังคารูปนี้จะโค้งด้านหนึ่ง ส่วนอีกด้านหนึ่งตรง ทั่วไปด้านโค้งมักมีลักษณะเป็นส่วนหนึ่งของวงกลม ดังภาพที่ ข12

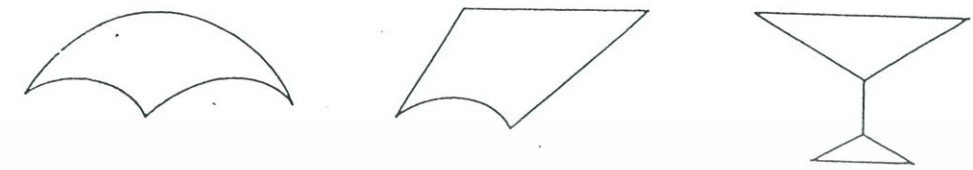
ภาพที่ ข12 แสดงหลังคาเปลือกบางชนิดโค้งทางเดียว

รูปร่างของหลังคาแบบนี้ค่อนข้างจะตายตัว ดัดแปลงเป็นรูปอื่นได้ยาก

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **หลังคาเปลือกบางชนิดโค้งสองทาง** (Single-Curvature Shell)

เปลือกบางชนิดนี้มีได้หลายรูปแบบ Paraboloid, Elliptic Paraboloid, Hyperbolic Paraboloid, Conoid เป็นต้น ดังภาพที่ ข13



Elliptic Paraboloid Conoid Hypaerbolic Paraboloid

ภาพที่ ข13 แสดงหลังคาเปลือกบางชนิดโค้งสองทาง แบบ Elliptic Paraboloid

สำหรับ Hyperbolic Paraboloid ยังสามารถแยกละเอียดลงไปได้อีก

Hyperbolic Paraboloid

สำหรับประเทศไทยเป็นเมืองร้อนหลังคาเปลือกบางแบบนี้เหมาะสมด้วยประการทั้งปวง กล่าวคือ

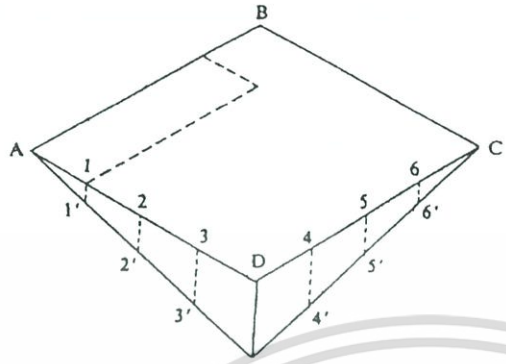
1. หน่วยแรงในตัวเปลือกบางมีแรง Membrane Stress เป็นส่วนใหญ่ มีโมเมนต์ดัดเพียงเล็กน้อย ณ ที่รองรับ และแรงส่วนใหญ่เป็นแรงอัด จึงเป็นการประหยัด เพราะคอนกรีตสามารถรับแรงอัดได้ดี ส่วนที่เป็นแรงดึงก็ใช้เหล็กเสริมเพียงเล็กน้อย

2. เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาเปลือกบางรูปอื่น ๆ แล้วแบบหล่อของหลังคาเปลือกบางรูปนี้ทำได้ง่ายกว่ามาก เพราะจากเรขาคณิตรูป Hyperbolic Paraboloid เกิดขึ้นจากเส้นตรงสองทางประกอบกันดังจะอธิบายต่อไป ฉะนั้น คร่าวของแบบหล่อก็ประกอบขึ้นตามแนวเส้นตรงนั้น ส่วนผิวของแบบหล่อก็จะโค้งไปตามคร่าวโดยอัตโนมัติหากเลือกลักษณะของ Hyperbolic Paraboloid ชนิดที่ต่ำตรงกลางสูงตรงริมการระบายอากาศร้อนจะเป็นไปโดยอัตโนมัติ เพราะธรรมดาอากาศร้อนจะลอยขึ้นสูงออกไปทางช่องเปิดที่เว้นไว้โดยรอบ

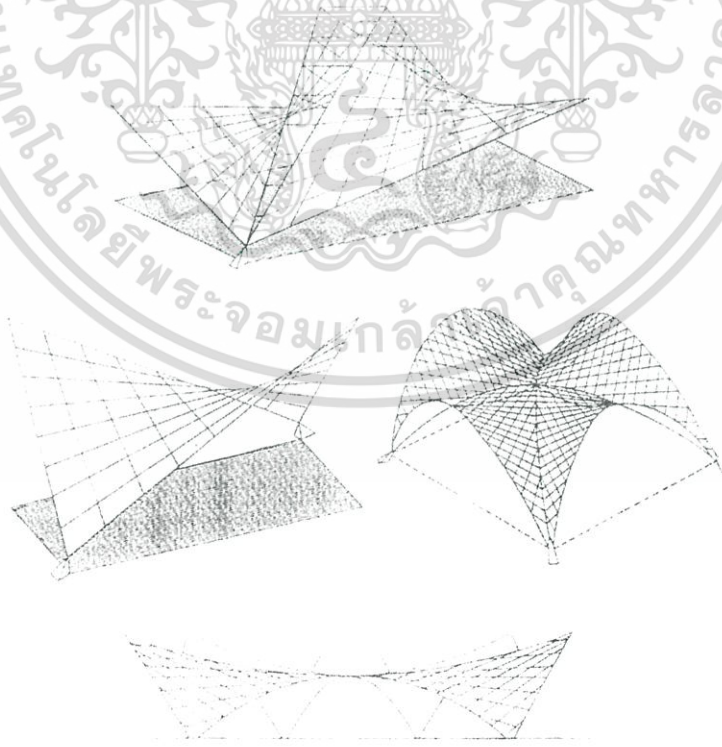
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Membrane Stress ที่ส่วนใหญ่เป็นแรงอัดดังกล่าวแล้วในข้อที่ 1นอกจากคุณสมบัติต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว Hyperbolic Paraboloid ยังสามารถนำมาประยุกต์เป็นรูปร่างต่าง ๆ กันได้มาก

หลักเบื้องต้นในการสร้างรูป Hyperbolic Paraboloid

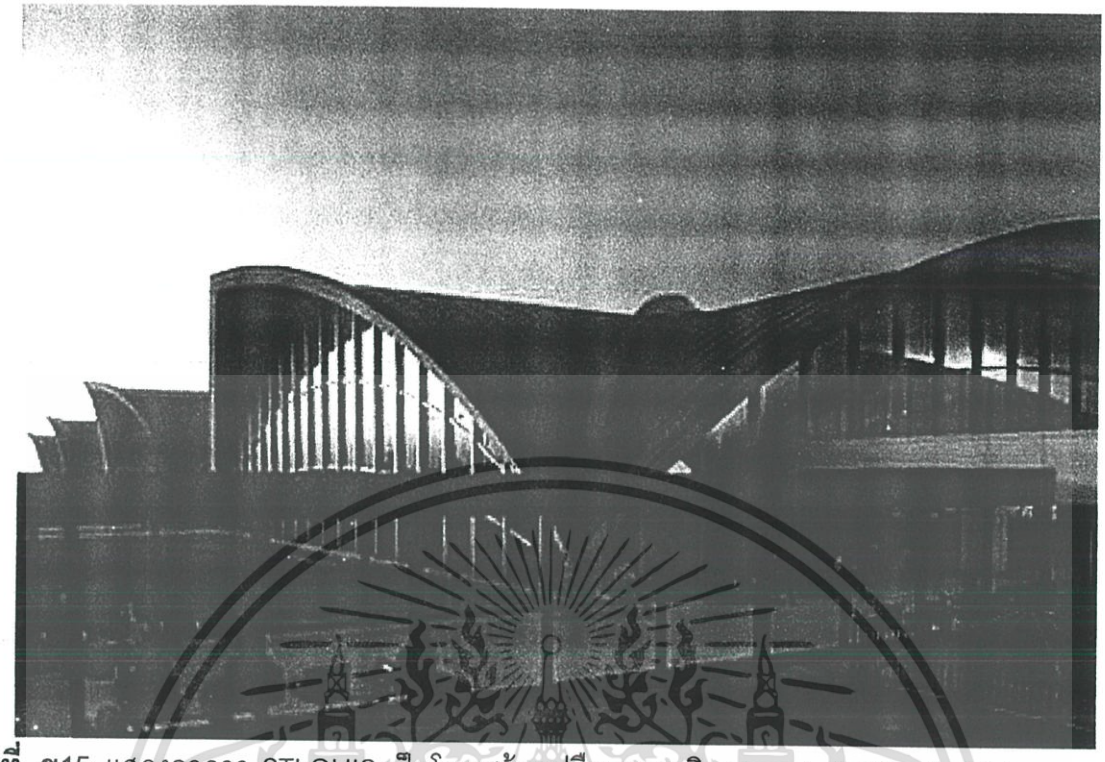


ABCD เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าอยู่ในแนวราบแบ่งด้านทั้งสี่ออกเป็นจะนวนช่องเท่า ๆ กัน (เฉพาะด้านที่อยู่ตรงข้ามกัน ในที่นี้ด้านละ 4 ช่อง ณ จุด 1, 2, 3, 4, 5, 6)กดมุมใดมุมหนึ่ง เช่น D ลงมาอยู่ที่ D' จุดอื่น ๆ ก็จะลดตามลงมาอยู่ที่ 1', 2', 3', 4', 5' และ 6' ABCD' จะกลายเป็นระนาบบิดเบี้ยวเป็นรูป Hyperbolic Paraboloid โดยที่เส้นต่าง ๆ ที่ลดลงมาอยู่ในระนาบใหม่นี้ยังคงเป็นเส้นตรงทุกเส้น ต่อเมื่อประกอบกันเป็นระนาบแล้วจึงจะเป็นรูป Hyperbolic Paraboloid สามารถประกอบกันเป็นรูปต่าง ๆ ได้หลายรูปดังแสดงในตัวอย่างขึ้นอยู่กับจำนวนที่รองรับด้วย การสร้างก็ใช้หลักการเดียวกันทั้งสิ้น



ภาพที่ ข14 แสดงการสร้างรูป Hyperbolid Paraboloid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



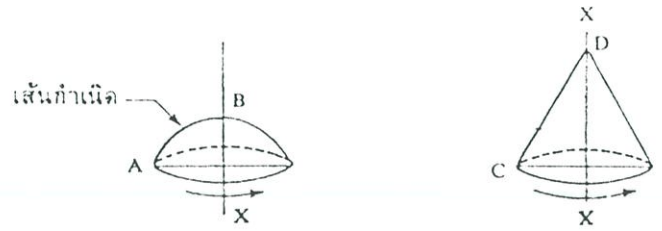
ภาพที่ ข15 แสดงอาคาร STLOUIS เป็นโครงสร้างเปลือกบางชนิด Hyperbolid Paraboloid

3. **หลังคาเปลือกบางชนิดหมุนรอบแกน** (Shell Of Surface Revolution)

ตัวอย่างของโครงสร้างเปลือกบางชนิดนี้ก็มี โดม (Domes) กรวย (Cone) Hyperboloid, ถังทรงกระบอก เป็นต้น การสร้างรูปเปลือกบางชนิดนี้จะต้องมีแกนหมุนและเส้นกำเนิด คือเส้นของโครงสร้างซึ่งเมื่อหมุนเส้นกำเนิดนี้รอบแกนหมุนก็จะได้โครง

สร้างเปลือกบางตามที่ต้องการ เช่น รูป ข16 เมื่อหมุนเส้น AB รอบแกน X ก็จะได้รูปโดม เช่นเดียวกับการหมุนเส้น CD และ EF รอบแกน X ก็จะได้โครงสร้างรูปกรวยตัดและรูป Hyperboloid ตามลำดับ ส่วนการจะนำไปใช้งานในลักษณะใดก็พิจารณาตามรูปร่างลักษณะของโครงสร้าง ตามโดมอาจใช้ทำหลังคาสนามกีฬาหรือ Hyperboloid ใช้ทำ Cooling Tower ขนาดใหญ่ก็ได้ เป็นต้น ในบางครั้งอาจไม่ใช่ทั้งหมด แต่ใช้เพียงบางส่วนก็ได้ เช่น หลังคารูปที่ ข17 เป็นหลังคาเปลือกบางชนิด Double Torii เกิดจากรอยตัดของรูป Torus คือ รูปที่เกิดจากการหมุนวงกลมรอบแกน x-x

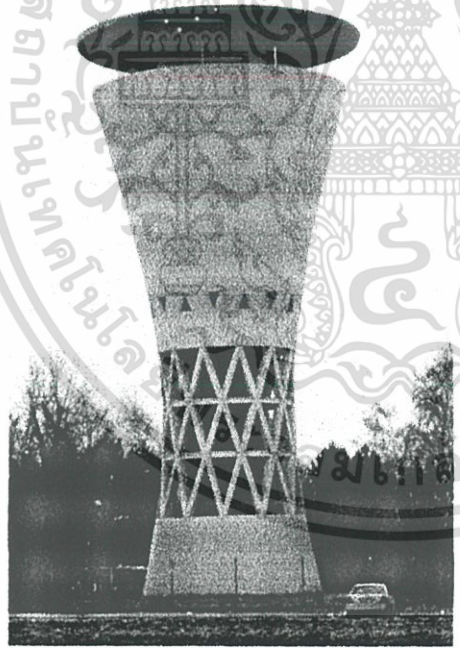
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปโดม รูปกรวย

รูป Hyperboloid รูป Torus เกิดจากการหมุนวงกลมตามแนวลูกศร

ภาพที่ ข16 แสดงการสร้างโครงสร้างเปลือกบางชนิดหมุนรอบแกน



ภาพที่ ข17 แสดงอาคาร moeglingen เป็นโครงสร้างเปลือกบางชนิดหมุนรอบแกน

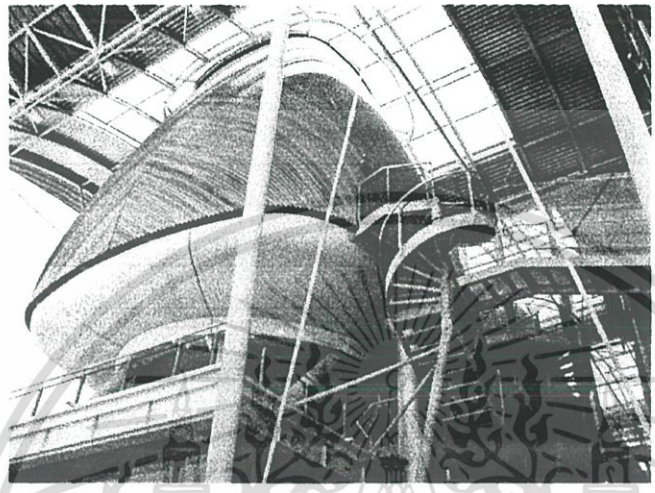
4. **หลังคาเปลือกบางชนิดแบบปัสซีม** (Prismatic Shell)

โครงสร้างเปลือกบางชนิดนี้มีลักษณะคล้าย ๆ กับชนิดแรกคือ หลังคาเปลือกบางชนิดโค้งทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียว เพียงแต่เปลี่ยนจากรูปโค้งเป็นรูปเหลี่ยมเท่านั้น ลักษณะของแรงส่วนใหญ่เป็นโมเมนต์ดัดเช่นเดียวกัน โครงสร้างของเปลือกบางชนิดนี้มีลักษณะเหมือนคานมากขึ้น ในการวิเคราะห์อาจนำ Beam Theory มาใช้ได้

5. หลังคาเปลือกบางชนิดไม่มีรูปร่างทางเรขาคณิต



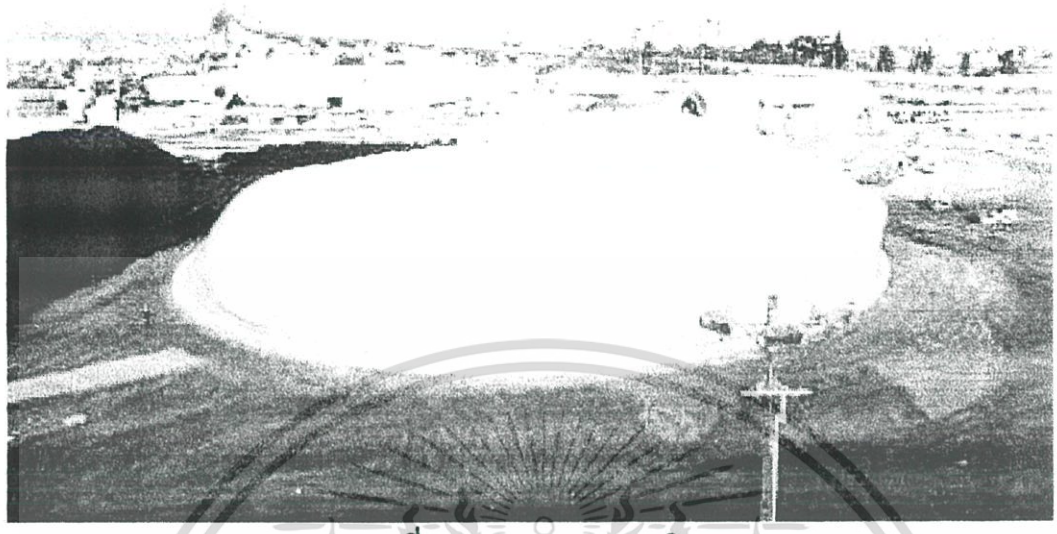
ภาพที่ ข18 แสดงอาคาร citejud หลังคาเปลือกบางชนิดไม่มีรูปทางเลขาคณิต

ปกติโครงสร้างทุกชนิดจะมีรูปร่างที่ตรงตามรูปทางเรขาคณิตทั้งสิ้น เช่นสี่เหลี่ยมทรงกลม ทรงกระบอก Eiliptic Paraboloid และ Torii เป็นต้น แต่ในบางกรณี Function มีส่วนสำคัญมากหรือด้วยเหตุผลอย่างอื่น จนมีผลกระทบต่อระบบตลอดจนลักษณะโครงสร้างจนบางครั้งทำให้โครงสร้างเปลือกบางผิดรูปจากเรขาคณิตไปมาก ฉะนั้นในการคำนวณจะต้องใช้การทดสอบหุ่นจำลองเป็นหลัก เพราะไม่สามารถจะหาสมการใดๆมาใช้กับโครงสร้างชนิดนี้ได้ ในการก่อสร้างก็เช่นเดียวกันแบบหล่อส่วนที่โค้งทำได้ยาก วิธีสะดวกที่สุดก็คือผู้ออกแบบควรจะกำหนด Co-Ordinates ของจุดต่าง ๆ ให้ชัดเจนทั้ง 3 มิติ กระนั้นก็ตาม ๆ ราคาค่าทำแบบหล่อก็ยังคงสูงมาเมื่อเทียบกับโครงสร้างเปลือกบางชนิดอื่น ๆ ดังภาพที่ ข18

โครงสร้างชนิดอื่น ๆ

นอกจากโครงสร้างดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีโครงสร้างอีกหลายชนิดที่ใช้เป็นโครงสร้างขนาดไม่ได้ส่วน ส่วนมากจะเป็นหลังคารูปต่าง ๆ เช่น โครงหลังคาแขวน (Hanging Roof) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นองค์อาคารรับแรงดึง และโครงสร้างชนิดพองลม (Pneumatic Structure) ซึ่งมักใช้กับอาคารชั่วคราว และอื่น ๆ อีกมาก ดังภาพที่ ข19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6.19 แสดงอาคารชนิดพองลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 4 รอยต่ออาคาร

สิ่งที่ควรคำนึงในการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่

ดังที่ได้กล่าวถึงสิ่งที่ควรคำนึงในการออกแบบอาคารขนาดใหญ่ซึ่งผู้ออกแบบจะเป็นผู้รับผิดชอบแล้ว ต่อไปนี้จะได้กล่าวถึงสิ่งที่ผู้ทำการก่อสร้างควรจะให้ความสนใจเป็นพิเศษ เพราะมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนกว่ากัน แม้จะออกแบบถูกต้องหรือดีเพียงใดก็ตาม หากในการก่อสร้างได้ละเลยหรือมองข้ามสิ่งต่างๆ ที่จะกล่าวต่อไปนี้เสียแล้ว ก็อาจเกิดความเสียหายต่อโครงสร้างได้

1. อาคารที่มีความกว้างมาก ๆ

อาคารขนาดใหญ่ที่กว้างมาก ๆ มักมีปัญหาเกี่ยวกับแตกร้าวของแผ่นพื้นผนังและครีบตามแนวยาวอันเนื่องมาจากการยืดหดตัวของอาคารแม้ว่าปกติผู้ออกแบบมักจะเสริมเหล็ก Temperature Steel มากเป็นพิเศษอยู่แล้ว แต่การหล่อคอนกรีตต่อเนื่องเป็นแนวยาวเช่นผนังกันดิน หรือแผ่นพื้นก็ตาม จะมีโอกาสแตกร้าวได้มาก ฉะนั้นควรมี Construction Joint เป็นระยะ ๆ โดยเทสลับกัน เช่น ช่วงเว้นช่วง และรอจนกว่าการยืดหดตัวจะน้อยลงแล้วจึงเทคอนกรีตส่วนที่เว้นไว้ นอกจากส่วนของอาคารที่เป็นผืนใหญ่หรือยาวที่จะต้องระมัดระวังแล้ว ตรงบริเวณช่องเปิดและตรงที่มีมุมแหลมต่าง ๆ เช่น มุมเสาหรือมุมห้องก็สำคัญมากเหมือนกัน เพราะโอกาสแตกร้าวในบริเวณรอบๆ ช่องเปิดนั้นมีมาก ฉะนั้นจะต้องแบ่ง Construction Joint ให้เหมาะสม นอกจากนั้นควรจะควบคุมคุณภาพของคอนกรีตให้มีการยืดหดตัวน้อยโดยจัดส่วนผสมของคอนกรีตให้พอเหมาะหรืออาจใช้สารผสมเพิ่มช่วยก็ได้ อีกทั้งจะต้องบ่มให้ทั่วถึงและถูกต้องตามหลักวิชาด้วย จึงจะลดปัญหาเหล่านี้ลงได้

2. อาคารสูง

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าอาคารสูงจะมีปัญหาเกี่ยวกับการทรุดตัวไม่เท่ากันระหว่างส่วนที่เป็นตัวอาคารสูง (Tower) และส่วนที่เตี้ยกว่ามาก ๆ ค่าทรุดตัวนี้อาจจะมากจนไม่สามารถออกแบบให้โครงสร้างธรรมดารับได้ จะต้องใช้วิธีการก่อสร้างที่เหมาะสมเข้าช่วย วิธีที่ง่ายที่สุด และได้ผลดีพอควร คือ รีบสร้างส่วนที่เป็นอาคารสูงให้เสร็จเสียก่อน โดยเว้นอาคารเตี้ยไว้ยังไม่สร้างติดกับอาคารสูงโดยรอบ ต่อเมื่อสร้างอาคารสูงเสร็จแล้ว และทำผนังก่อไปมากพอควรหรือจนกว่าอัตราการทรุดตัวช้าลงแล้ว จึงจะต่อเชื่อมอาคารสูงและอาคารเตี้ยเข้าด้วยกัน เพื่อให้อาคารทั้งสูงและเตี้ยมีอัตราการทรุดตัวใกล้เคียงกัน สำหรับการทรุดตัวที่ยังคงต่างกันก็จะไม่มากจนเกินไป สามารถออกแบบให้โครงสร้างรับแรงและโมเมนต์ที่เกิดจากการทรุดตัวต่างกัน ส่วนที่เหลือนี้ได้การเว้นช่วงโดยรอบอาคารสูงดังกล่าวนี้ต้องเว้นทุกชั้นของอาคารเตี้ย รวมทั้งห้องใต้ดินด้วย ปกติส่วนที่จะแตกร้าวง่ายที่สุดคือผนังที่เชื่อมต่อระหว่างอาคารเตี้ยและอาคารสูง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของตัวอาคารสูงเอง เนื่องจากบริเวณที่หนัก ๆ เช่น กล่องลิฟท์จะมีน้ำหนักมากกว่าส่วนอื่น ๆ ฉะนั้นถ้ากล่องลิฟท์อยู่กลางอาคารจะทรุดตัวเร็วกว่าส่วนอื่น โดยเฉพาะถ้าเร่งก่อสร้างกล่องลิฟท์สูงขึ้นไปเร็วมาก ๆ จนสร้างพื้นชั้นอื่น ๆ โดยรอบตามไม่ทันจำนวนชั้นแตกต่างกันมากเกินไป อัตราการทรุดตัวของกล่องลิฟท์ หรือ Service Core นั้นจะเร็วมากจนเกิดการแตกร้าวของโครงสร้างอาคารสูงได้เช่นกัน ฉะนั้นในการวางแผนงานก่อสร้างจะต้องลำดับขั้นตอนให้ดี ไม่ควรคิดแต่ความรวดเร็วในการทำงานเพียงอย่างเดียว ต้องคำนึงถึงความเสียหายที่จะเกิดตามมาด้วย

3. **อาคารส่วนใต้ดิน**

การก่อสร้างอาคารส่วนที่อยู่ใต้ดินลึก ๆ เช่น ห้องใต้ดินที่ลึกเกินสองชั้นมักพบปัญหาเกี่ยวกับแรงดันของดินและน้ำ ซึ่งเป็นอุปสรรคอย่างมากในการก่อสร้าง สมมติห้องใต้ดินลึกชั้นละ 2.40 เมตร รวมฐานรากอีกประมาณ 2.50 เมตร รวมทั้งหมดจะต้องขุดดินลึกถึง 7.30 เมตร สำหรับห้องใต้ดินเพียงสองชั้น หมายถึงระดับหัวเสาเข็มก็จะต้องอยู่ที่ -7.30 เมตรจากระดับดินด้วย ถ้าใช้วิธีการก่อสร้างอย่างธรรมดา ก็จะต้องขุดดินจนถึงระดับหัวเสาเข็ม หล่อฐานรากแล้ว จึงทำพื้นห้องใต้ดินชั้นล่างสุด ต่อจากนั้นจึงจะทำผนังกันดินคือผนังห้องใต้ดินจากชั้นล่างสุดขึ้นมา ในการก่อสร้างวิธีธรรมดานี้จะต้องใช้ Sheet Pile ตอกลึกให้เพียงพอและค้ำยันต้องแข็งแรงมาก มิฉะนั้นดินอาจดันเสาเข็มและแม้แต่ฐานรากที่เทคอนกรีตเสร็จแล้วเคลื่อนตัวได้

ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องทำฐานรากลึกกว่านี้ เช่น ต้องการทำห้องใต้ดินลึกตั้งแต่สามชั้นขึ้นไป ค่า Sheet Pile และค้ำยันจะสูงมาก และวิธีการดูเกือบจะเป็นไปไม่ได้ เพราะต้องคำนึงถึงชั้นดินที่ครั้งหนึ่งเคยมีน้ำหนักดินชั้นบน ๆ หลายตัน/ม^2 กดทับอยู่ เมื่อขุดลึกลงไปมาก ๆ ทำให้แรงกดเป็นศูนย์อาจเกิดการลอยตัวขึ้นมาได้ ซึ่งจะเป็นปัญหาใหญ่ ฉะนั้น ในกรณีเช่นนั้นควรหาวิธีก่อสร้างใหม่ที่จะสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ วิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ ใช้ผนังแบบ Diaphragm Wall หรือบางทีเรียกว่า Slurry Wall ประกอบกับเทคนิคการสร้างพื้นห้องใต้ดินชั้นบนสุดก่อน แล้วจึงค่อย ๆ ขุดทำชั้นที่ 2, ที่ 3 และชั้นต่อ ๆ ไปจนถึงฐานรากเป็นส่วนสุดท้าย วิธีนี้เรียกว่า "Top-Down Construction"

การทำ Diaghragm Wall ทำได้หลายวิธี อาจใช้เสาเข็มหล่อในที่ชนิด Bored Piles เรียนชิดสนิทกันเป็นพืดก็ได้ หรือจะใช้เครื่องขุดดินแบบ Clam Shell รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขุดดินออกเป็นร่องลึกเท่าที่ต้องการ โดยใช้สารละลายเบนโทไนท์ (Bentonite Slurry) เป็นตัวป้องกันมิให้ผนังรูเจาะพังทลาย จากนั้นก็ลงกรงเหล็ก (Steel Cage) แล้วเทคอนกรีตการเจาะทำ Diaghragm Wall แต่ละชิ้นนี้จะต้องทำตามขั้นตอนที่ถูกต้องเพื่อให้แต่ละชิ้นประสานกันสนิทไม่มีช่องว่างที่น้ำจะซึมได้ ปกติ Diaghragm Wall นี้ จะคำนวณออกแบบให้สามารถต้านโมเมนต์และแรงที่เกิดจากการดันของดินภายนอกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวิธีก่อสร้างแบบ Too-Down นั้น หลักการง่าย ๆ คือ ทำเสาเข็มและ Diaphragm Wall ให้เสร็จเรียบร้อยเสียก่อนแล้วใช้เสาเหล็กรูปพรรณขนาดที่ใหญ่พอที่จะรับน้ำหนักห้องใต้ดินทุกชั้นได้ฝังไว้ในเสาเข็ม ซึ่งปกติจะเป็นเสาเข็มเจาะหล่อในที่ขนาดใหญ่ที่รับน้ำหนักได้มาก ๆ ส่วนบนที่อยู่เหนือเสาเข็มใช้เป็นส่วนหนึ่งของเสาจริง แต่ในขณะก่อสร้างห้องใต้ดิน ชั้นบนสุด โดยเปิดช่องสำหรับให้ลงไปขุดดินเพื่อทำงานชั้นที่สองได้ เมื่อพื้นห้องใต้ดินชั้นแรกมีความแข็งแรงเพียงพอแล้ว ก็ขุดดินใต้นั้นลงไปเพื่อทำพื้นห้องใต้ดินชั้นที่สองต่อไป ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนถึงชั้นล่างสุด แล้วจึงทำฐานรากเมื่อทำฐานรากเสร็จเรียบร้อยก็หล่อเสาจริงหุ้มเสาเหล็กรูปพรรณที่ทำไว้ก่อแล้ว จากนั้นก็ก่อสร้างชั้นเหนือดิน หรือหากต้องการเร่งงานให้เร็วขึ้นไปอีก ก็อาจทำได้ด้วยการก่อสร้างชั้นเหนือดินไปพร้อม ๆ กับชั้นใต้ดินเลย ซึ่งจะเป็นการประหยัดเวลาก่อสร้างลงได้มาก

สิ่งที่ควรคำนึงในการออกแบบอาคารขนาดใหญ่

1. **การยืดหดตัวของอาคาร**

สำหรับอาคารขนาดเล็ก การยืดหดของตัวอาคารไม่สู้จะมีผลต่อโครงสร้างมากนัก แต่สำหรับอาคารขนาดใหญ่ที่มีขนาดกว้างยาวมากๆการยืดหดตัวทางแนวราบจะเป็นปัญหามาก โดยเฉพาะถ้าเป็นอาคารใหญ่สองหลังขึ้นไป ต่อเชื่อมด้วยอาคารขนาดเล็ก เช่น กลางวันร้อนจัดกลางคืนเย็นจัด หรือ ฝนตกสลับกับอากาศแห้งตลอดเวลาทำให้หน่วยแรงภายในสูงขึ้นมากจนทำให้คอนกรีตแตกร้าวได้ ปกติแผ่นพื้นและผนังยาว ๆ มีโอกาสแตกร้าวได้ง่ายกว่า วิธีป้องกันการแตกร้าวกระทำได้หลายวิธี อาทิ

- ถ้าอาคารหรือส่วนของอาคารที่ยาวมาก ๆ ควรทำรอยต่อเพื่อการขยายตัว (Expansion Joint)
- เสริมเหล็กทางยาวให้มากพอเพื่อรับแรงอันจะเกิดจากการยืดหดตัว โดยเฉพาะถ้าเป็นแผ่นพื้นหรือครีบที่ถูกแดด ควรเสริมเหล็ก 2 ชั้นเท่ากันตลอด
- หลีกเลี่ยงการออกแบบแผ่นพื้นเช่น กันสาด หรือครีบตามแนวยาว ไม่ให้มีความยาวต่อเนื่องกันมากเกินไป โดยอาจเว้นช่องว่างไว้เป็นระยะ ๆ
- ไม่ควรก่อผนังอิฐยาว ๆ โดยไม่มีคาน ค.ส.ล. ทับหลัง ลำดับขั้นตอนในการก่อสร้างให้ดี
- ควรหาวัสดุปกคลุมมิให้แผ่นพื้น ค.ส.ล. ที่จะถูกแดดมาก ๆ เช่น กระเบื้อง หรือวัสดุปกคลุมอื่น ๆ
- เลือกใช้วัสดุทางสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมแทนการก่อผนังอิฐหรือบล็อกยาว ๆ

2. **แรงลมและแผ่นดินไหว**

ในการคำนวณออกแบบอาคารสูง แรงทางข้าง เช่น แรงลมและแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวจะมีผลกระทบโดยตรงต่อโครงสร้าง โดยเฉพาะอาคารที่ชะลูด เช่น ที่มีความสูงเกินสองเท่าของด้านแคบ ผลกระทบจะทำให้ราคาค่าโครงสร้างสูงขึ้นได้มาก ลักษณะของแรงลมกับลักษณะของแรงลม

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับแรงอันเกิดจากแผ่นดินไหวที่ทำต่อตัวอาคาร แตกต่างกันตรงที่แรงลมกระทำที่ส่วนบนของตัวอาคารที่อยู่เหนือพื้นดิน แต่แรงจากแผ่นดินไหวกระทำต่อฐานรากและส่วนของอาคารที่อยู่ใต้ดิน

ในกรณีที่ใช้โครงสร้างชนิดพื้น คาน เสา แรงลมจะถูกถ่ายจากผนังทำให้เกิดโมเมนต์และแรงเฉือนในเสาและคาน การใช้ผนังรับแรงด้านข้าง (Shear Wall) เช่น ผนังกล่องลิฟท์ ช่วยรับแรงลมจะได้ผลดีมาก เพราะโมเมนต์อินเนอร์เซียของหน้าตัดผนังดังกล่าวมักจะมีค่าสูง สามารถรับโมเมนต์และแรงต่าง ๆ ได้ดี ฉะนั้นจึงเป็นการประหยัดและทำให้ขนาดของเสาและคานเล็กลงได้พอสมควร นอกจากผนังกล่องลิฟท์แล้วผนังคานเล็กลงพอสมควร นอกจากผนังกล่องลิฟท์แล้วผนังคอนกรีตเสริมเหล็กอื่น ๆ ที่อยู่ในแนวขนานกับแรงลมก็สามารถต้านแรงลมได้ดีเช่นกัน อาคารบางประเภทที่ต้องมีผนังกั้นห้องหนา ๆ อยู่แล้ว เช่น โรงแรมและอาคารชุด จะได้เปรียบหากจะใช้ผนังเหล่านั้นเป็น Shear Wall ไปในตัว เพราะนอกจากจะสามารถลดโครงสร้างที่เป็นเสาและคานลงไปได้โดยแทนด้วยผนังแล้ว ยังทำให้การจัดห้องกระทำได้ง่ายขึ้น เพราะไม่มีเสาและคานมาเป็นอุปสรรค

นอกจากที่เกี่ยวกับความแข็งแรงของโครงสร้างแล้ว แรงลมยังมีผลต่อการโยกตัวของตัว Tower อีกด้วย การโยกตัวนี้ถ้ามากเกินขอบเขตจะทำให้ผู้อยู่อาศัยเกิดความไม่สบายได้ เกณฑ์กำหนดทั่วไประยะทางราบที่จะยอมให้อาคารโยกได้จะต้องไม่เกิน 1 ใน 500 ของความสูง เช่น อาคารสูง 100 เมตร (ประมาณ 30 ชั้น) จะยอมให้ส่วนสูงสุดโยกได้ไม่เกิน 0.20 เมตร ในการออกแบบ ปกติผู้ออกแบบจะจัดเสาและผนังShear Wall ให้โครงสร้างแข็งแรงพอที่จะไม่โยกเกินเกณฑ์ดังกล่าวนี้

3. **แรงดันของน้ำและดิน**

ปัจจุบันการออกแบบก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่มักต้องการใช้พื้นที่ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อให้คุ้มกับการลงทุน ปกติส่วนของอาคารที่อยู่บนดินมักจะเป็นส่วนที่ทำรายได้ให้กับโครงการ ฉะนั้นจึงมักจะทำห้องเครื่องต่าง ๆ และที่จอดรถก็จะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกัน ในบริเวณพื้นที่ที่มีชั้นดินอ่อนข้างบนและชั้นดินแข็งอยู่ล่าง เช่น ภาพกลาง โดยเฉพาะบริเวณกรุงเทพมหานคร ซึ่งมักเป็นที่ก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ การทำที่จอดรถหรือห้องใต้ดินมักประสบปัญหาเกี่ยวกับแรงดันจากดินและน้ำเสมอ พื้นห้องใต้ดินชั้นล่างสุดเป็นส่วนสำคัญที่สุด เพราะมีโอกาสที่จะแตกร้าวได้ง่ายอันเนื่องมากจากการทรุดตัวไม่เท่ากันของอาคาร สำหรับอาคารสูงจะได้เปรียบที่ฐานรากของตัวอาคารสูงมักจะเกือบชิดกันอยู่แล้ว ฉะนั้นถ้าจะทำเป็นฐานแผ่ (Matfoundation) เต็มห้องใต้ดินก็จะตัดปัญหาเกี่ยวกับการแตกร้าวไปได้ เพราะการทำฐานแผ่ก็เท่ากับทำพื้นห้องใต้ดินทั้งหมดหนาถึง 2-3 เมตร

ตามธรรมดามักจะทำห้องใต้ดินกันเพียง 2-3 ชั้นเป็นอย่างมาก เพราะพอจะใช้วิธีก่อสร้างธรรมดา ๆ ได้ ถ้าลึกกว่านั้นอาจต้องใช้เทคนิคพิเศษ เช่น Diaphragm Wall หรือ Slurry Wall ช่วย ปกติในการคำนวณออกแบบวิศวกรผู้ออกแบบจะคำนึงเสมอว่าผู้รับเหมาก่อสร้างจะต้องก่อสร้างได้ด้วยวิธีที่ประหยัดคุ้มกับการลงทุน

การทำผนังห้องใต้ดินอาจออกแบบให้เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดาโดยทำแบบหล่อ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตลงเหล็กแล้วเทคอนกรีตแบบงานคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไปหรือใช้ Diaphram Wall ชนิดหล่อสำเร็จ หรือ Slurry Wall หรืออย่างอื่นที่เหมาะสมกับขนาดความลึกตามความเหมาะสม

4. **การทรุดตัวไม่เท่ากันของอาคาร**

ก่อนอื่นต้องขอทำความเข้าใจแต่แรกก่อนว่าสำหรับชั้นดินทั่วไปที่ไม่มี Bed Rock อาคารทุกหลังจะมีการทรุดตัวไม่มากก็น้อย เช่น ในกรุงเทพมหานครถึงแม้จะใช้เสาเข็มลึกเกิน 50 เมตรขึ้นไป ไม่ว่าจะเป็นเสาเข็มชนิดใดเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกก็จะเกิดการทรุดตัวทั้งสิ้น สังเกตได้ง่าย ๆ ในการทดสอบเสาเข็มเมื่อกดน้ำหนักบรรทุกลงบนเสาเข็มแม้เพียงเล็กน้อยก็จะเกิดการทรุดตัวทันที การทรุดตัวนี้จะไม่เป็นอันตรายใด ๆ ต่อโครงสร้างตราบใดที่อาคารทรุดอย่างสม่ำเสมอเท่า ๆ กันทุกฐาน แต่หากเกิดการทรุดตัวไม่เท่ากันขึ้นเมื่อใดแม้ไม่มากนักโครงสร้างก็อาจเกิดการแตกร้าวขึ้น และถ้ามากก็อาจถึงกับวิบัติได้

การทรุดตัวไม่เท่ากันเกิดขึ้นได้หลายกรณี เช่น ดินใต้ฐานอ่อนแข็งไม่เท่ากัน การบรรทุกน้ำหนักบางฐานมากเกินไปกว่าที่ได้คำนวณไว้ การใช้เสาเข็มที่มีความยาวต่างกันมากเป็นต้นและแม้ว่าจะใช้เสาเข็มยาวเท่ากันและใช้น้ำหนักต่อเสาเข็ม 1 ต้น เหมือนกันก็ตาม หากน้ำหนักที่กดลงแต่ละฐานต่างกันมากเช่น อาคารสูงที่มีบางส่วนของอาคารสูงด้วยกันก็ตาม การทรุดตัวก็จะแตกต่างกันได้มาก ยิ่งกว่านั้นในกรณีของฐานรากแผ่ (Net Footing) ที่ทั้งเสาและเสาเข็มกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอแรงกดบริเวณกลางฐานจะสูงกว่าริม ๆ ฉะนั้นการทรุดตัวของส่วนกลางของฐานจะสูงกว่าริม ๆ ฉะนั้นในการออกแบบอาคารสูงหรือกว้างมาก ๆจะต้องคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้เป็นพิเศษ

รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้าง
(The Connection Joints Of The Structural Components)

การที่เรามีการออกแบบอาคารโดยระบบการประสานทางพิกัด เพราะเราหวังผลในทางเศรษฐกิจและในประสิทธิภาพในระบบการผลิต ฉะนั้น ระบบการก่อสร้างแบบสำเร็จรูป จึงมีบทบาทที่สำคัญในการสนองความมุ่งหมายที่สมบูรณ์ ต่อระบบการประสานทางพิกัด

- ส่วนประกอบ (Components) เป็นชิ้นส่วนประกอบของอาคารที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ อาคารสำเร็จรูปทั้งที่มีการประสานทางพิกัด แต่อาคารสำเร็จรูปที่ออกแบบโดยการใช้ระบบการประสานทางพิกัด เป็นอาคารที่เราสามารถบรรลุซึ่งเป้าหมายซึ่งได้วางไว้ข้างต้นได้
- ส่วนประกอบของอาคาร มีส่วนประกอบโครงสร้าง และส่วนประกอบที่ไม่ใช่โครงสร้าง ส่วนประกอบทั้งหมดจะถูกนำมาประกอบเข้าด้วยกัน ด้วยวิธีของการประสานรอยต่อ (Method Of Connection)

ส่วนประกอบโครงสร้าง (Structural Components) เป็นส่วนประกอบอาคารที่ทำหน้าที่รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักโดยตรง เราออกแบบได้กับอาคารที่ใช้โครงสร้างแบบ โครงเสาและคานหรือโครงประเภทอื่นๆ และอาคารที่ใช้โครงสร้างแบบกำแพง หรือผนังรับน้ำหนัก

สำหรับส่วนประกอบที่ไม่ใช่โครงสร้าง คือ ผ้าเพดาน ผนังรอบนอก และผนังภายในที่ไม่ได้ทำหน้าที่รับน้ำหนัก กระเบื้องปูพื้น อิฐหรือวัสดุก่อประเภทใดก็ตาม กรอบและบานประตูหน้าต่าง ๆ มีหลักการและวิธีการประกอบและติดตั้ง ซึ่งได้ปฏิบัติกันอยู่ตามปกติอยู่แล้ว ถ้าจะนำมาร่วมกับส่วนประกอบโครงสร้างก็ได้ เช่น การใช้อิฐประดับหรือกระเบื้องประดับติดกับส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นผนังไว้ก่อน เป็นต้น ซึ่งพิกัดของอิฐหรือกระเบื้องประดับก็ต้องประสานกับพิกัดของผนังโครงสร้าง ซึ่งผลิตเป็น Component ด้วย

เนื่องจากอาคารสำเร็จรูปประกอบด้วยส่วนประกอบโครงสร้างทั้งในระนาบตั้งและระนาบนอน และแต่ละชิ้นส่วนก็มีการกำหนดขนาดตามที่ เราจะปฏิบัติงานก่อสร้างไว้โดยสะดวกรวดเร็ว ชิ้นส่วนต่างๆ เมื่อประกอบกันเป็นอาคารสมบูรณ์แล้ว อาคารนั้นจะต้องมีความมั่นคงแข็งแรงนอกจากจะมีความสามารถที่จะต้องรับน้ำหนักตายตัวและน้ำหนักจรภายในแล้ว จะต้องมีความสามารถในการต่อต้านแรงกระทำภายนอก (External Forces)เช่นแรงลม ได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วย

การออกแบบส่วนประกอบโครงสร้าง ผู้ออกแบบ คือ สถาปนิกและวิศวกรจำเป็นต้องมีความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ ระหว่างระบบโครงสร้าง วัสดุที่จะใช้เป็นส่วนประกอบโครงสร้าง วิธีการประสานรอยต่อต่าง ๆ ของโครงสร้าง และโดยเฉพาะพฤติกรรมของส่วนประกอบโครงสร้าง (Structural Behavier) ในด้านการต่อต้านแรงกระทำภายนอกของอาคารที่มีการก่อสร้าง โดยระบบสำเร็จรูปเป็นอย่างดี

แรงกระทำภายนอก (External Forces) มีโอกาสทำความเสียหายให้แก่อาคารได้โดยง่ายมากกว่าแรงกระทำภายใน ซึ่งได้แก่ Dead Load และ Live Load แรงกระทำภายนอก กระทำต่ออาคารในทิศทางที่กำหนดแน่นอนไม่ได้ ขนาดของแรงเท่าใดเราไม่สามารถทราบแน่ได้ เวลาที่แรงกระทำก็รู้ไม่ได้ฉะนั้น ในการออกแบบโครงสร้าง และรอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้างทั้งในระนาบดิ่ง (Vertical Plane) และระนาบนอน (Horizontal Plane) ในลักษณะของ 3 มิติ จะต้องถูกนำมาพิจารณาโดยถี่ถ้วน

รอยต่อโครงสร้าง จะแตกต่างกันตามวัสดุ ระบบโครงสร้าง และวิธีการก่อสร้าง ระบบโครงสร้างและวิธีการก่อสร้าง สถาปนิกและวิศวกรในหลายประเทศต่างคิดค้นระบบและวิธีการของตนเอง ซึ่งแตกต่างกันในรายละเอียด แต่ในหลักเกณฑ์ขั้นพื้นฐาน ก็คงต้องใช้ระบบและหลักเกณฑ์ที่เป็นหลักการของการผลิตทางอุตสาหกรรมอย่างเดียวกัน

*หมายเหตุ ให้ศึกษาวิธีการผลิตและระบบการก่อสร้างต่าง ๆ จากหนังสือ Industrilised Building By R.M.E. Diamant, M.So

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติและคุณลักษณะของรอยต่อโครงสร้าง

1. ส่วนประกอบโครงสร้างทั้งในระนาบตั้งและระนาบนอน เมื่อได้ประกอบกันเป็นอาคารสมบูรณ์แล้ว จะต้องมีความสามารถที่จะต่อต้านแรงกระทำภายนอกได้ในทุก ๆ แนวทางที่แรงภายนอกกระทำ เพราะการที่ส่วนประกอบโครงสร้างส่วนใดส่วนหนึ่งมีการเคลื่อนเสียหาย หรือพังจะเป็นสาเหตุให้โครงสร้างทั้งหมดพังได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาคารสูงที่มีมากชั้น (High-Rise Building) ไม่ว่าโครงสร้างจะเป็น Load Bearing Structure หรือ Framed Structure

2. ข้อต่อหรือรอยต่อต่าง ๆ (Connection Joint) ของส่วนประกอบโครงสร้างจะต้องผ่านการวิเคราะห์โดยละเอียดถี่ถ้วน ในการออกแบบทั้งในด้านวิศวกรรม สถาปัตยกรรม วิธีการสร้าง และการจัดระบบการผลิต

3. คุณสมบัติของรอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้าง จะต้องมีความสมบูรณ์ ในด้าน

3.1 ทฤษฎี

3.2 การปฏิบัติในการผลิต

3.3 การปฏิบัติการเคลื่อนย้าย

3.4 การปฏิบัติการประกอบติดตั้ง

4. รอยต่อต่าง ๆ จะต้องมีความสามารถในการป้องกันการรั่วไหล ซึมจากน้ำฝน หิมะและความร้อน ความหนาว (ในระดับ Discomfort ได้เป็นอย่างดี)

การออกแบบรอยต่อส่วนประกอบโครงสร้าง จะต้องพิจารณา

1. วัสดุที่ใช้เป็นโครงสร้าง
2. วิธีการต่อ หรือการประสานรอยต่อ
3. วิธีการก่อสร้าง หรือระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป ซึ่งมีระบบต่าง ๆ
4. อุปกรณ์ต่อหรือยึด
5. วิธีการประกอบ และติดตั้งส่วนประกอบโครงสร้าง
6. วัสดุที่ใช้อุดหรือยาแนว หรือปิดทับแนวรอยต่อ
7. จำนวนชั้น และความสูงของอาคาร
8. ภาระในการรับแรง ทั้งแรงกระทำภายในของแต่ละประเภทของชิ้นส่วน
9. เครื่องมือ และเครื่องมือกลที่จะใช้ในการปฏิบัติการรอยต่อ และส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นไม้ หรือ วัสดุเบาอัดชนิดต่าง ๆ
10. การแสดงออกทางสถาปัตยกรรม ซึ่งจะต้องมีการพิจารณาเป็นพิเศษ สำหรับส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นผนัง (Wall Components)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้าง ซึ่งใช้กับอาคารสำเร็จรูป

แบ่งประเภทตามระบบโครงสร้างมี 3 ประเภท

1. ประเภทกำแพงรับน้ำหนัก มีรอยต่อ ดังต่อไปนี้

1.1 รอยต่อ ระหว่าง กำแพงฐาน (Wall Foundation) กับฐานราก (Footing) ในกรณีที่ทำฐานรากและกำแพงฐานสำเร็จรูป เป็นส่วนประกอบโครงสร้างทั้งหมด (ใช้กับอาคารชั้นเดียวซึ่งเป็นอาคารขนาดเบาได้)

1.2 รอยต่อ ระหว่าง พื้นกับกำแพงรับน้ำหนัก และกับกำแพงฐาน

1.3 รอยต่อ ระหว่าง กำแพงรับน้ำหนักด้วยกัน (Wall Componant)

1.4 รอยต่อ ระหว่าง พื้นด้วยกัน (Floor Componants)

1.5 รอยต่อ ระหว่าง กำแพงรับน้ำหนักกับโครงสร้างหลังคา

2. ประเภทเสาและคาน มีรอยต่อดังต่อไปนี้

2.1 รอยต่อ ระหว่าง เสาตอม่อ กับ ฐานราก

2.2 รอยต่อ ระหว่าง เสา กับ เสา

2.3 รอยต่อ ระหว่าง เสา กับ คาน

2.4 รอยต่อ ระหว่าง พื้น กับ คาน

2.5 รอยต่อ ระหว่าง พื้นด้วยกัน

2.6 รอยต่อ ระหว่าง เสาและคานหลังคากับโครงสร้างหลังคา

3. ประเภทโครงสร้างสำเร็จรูป ซึ่งแต่ละโครงจะมีขนาดตามตารางพิกัดแผนผัง ติดตั้งอยู่บนกำแพงฐานซึ่งเป็นกำแพงรับน้ำหนัก นิยมใช้กับอาคารขนาดเบา มีรอยต่อดังต่อไปนี้

3.1 รอยต่อ ระหว่าง กำแพงฐาน กับ ฐานราก

3.2 รอยต่อ ระหว่าง โครงผนังสำเร็จรูป กับ กำแพงฐาน

3.3 รอยต่อ ระหว่าง พื้นกับกำแพงฐาน

3.4 รอยต่อ ระหว่าง โครงผนังสำเร็จรูปด้วยกัน

3.5 รอยต่อ ระหว่าง พื้นด้วยกัน

3.6 รอยต่อ ระหว่าง โครงผนังสำเร็จรูป กับ โครงสร้างหลังคา

ในกรณีที่มีการออกแบบให้ส่วนฐานเป็นโครงสร้างเสาและคาน โดยให้ส่วนเหนือขึ้นไปเป็นระบบโครงผนังสำเร็จรูป รอยต่อระหว่างโครงผนังสำเร็จรูปกับคานจะเป็นแบบเดียวกับรอยต่อในข้อ 3.2

หมายเหตุ - สำหรับฐานรากและกำแพงฐานที่ใช้กับอาคารขนาดหนัก จะต้องหล่อกับที่

- สำหรับห้องใต้ดิน (Basement) ควรหล่อกับที่เช่นกัน ถ้าทำเป็น Components ประกอบกัน รอยต่อจะมีมากและปัญหาการรั่วซึมจะมีมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้าง ซึ่งใช้กับอาคารสำเร็จรูป

แบ่งตามประเภทของวัสดุก่อสร้างที่ปฏิบัติกันอยู่ทั่วไป มีดังต่อไปนี้

1. รอยต่อ ระหว่าง ส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นไม้ด้วยกัน
2. รอยต่อ ระหว่าง ส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นคอนกรีตด้วยกัน
3. รอยต่อ ระหว่าง ส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นเหล็กด้วยกัน
4. รอยต่อ ระหว่าง ส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นเหล็กกับคอนกรีต
5. รอยต่อ ระหว่าง ส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นไม้กับคอนกรีต
6. รอยต่อ ระหว่าง ส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นอิฐหรือคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักด้วยกัน
7. รอยต่อ ระหว่าง ส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นอิฐหรือคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักกับไม้
8. รอยต่อ ระหว่าง ส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นอิฐหรือคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักกับคอนกรีต
9. รอยต่อ ระหว่าง ส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นอิฐหรือคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักกับคอนกรีต
10. รอยต่อ ระหว่าง ส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นวัสดุเบาที่ใช้รับน้ำหนักได้สำหรับอาคารขนาดเบา เช่น แอสเบสตอส เป็นต้น

รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้างตามที่กล่าวมาแล้ว ในเรื่องที่ว่าด้วยการแบ่งประเภทตามระบบโครงสร้างนั้น จะเห็นได้ว่า รอยต่อระหว่างกำแพงหรือผนังรับน้ำหนัก มีหลักการและวิธีการที่แปรไปได้มากประการ และโดยเฉพาะมีการเกี่ยวเนื่องกับรายละเอียดทางสถาปัตยกรรม และการแสดงออกในรูปลักษณะของสถาปัตยกรรมมากกว่าส่วนประกอบอื่น ๆ

ฉะนั้นการเรียนรู้และการฝึกหัดในการออกแบบและแก้ปัญหาอาคารสำเร็จรูปที่สร้างในระบบการประสานทางพิกัด จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความเข้าใจในหลักเกณฑ์ของรอยต่อกำแพงผนังอันเป็นคั่นพื้นฐานของการออกแบบรอยต่อ

<u>รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นกำแพงหรือผนัง (Structure Wall Components)</u>

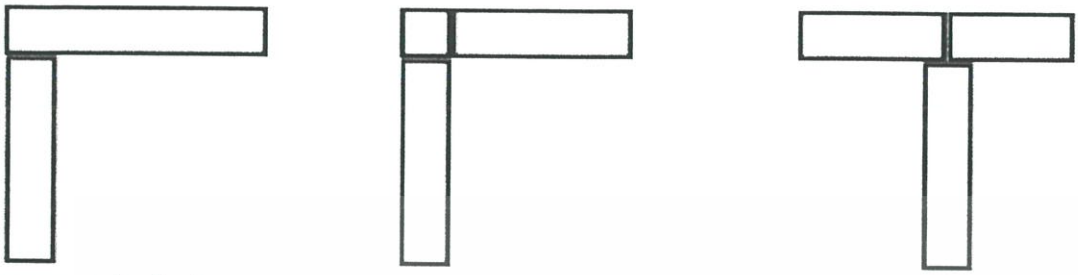
หมายถึงส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นกำแพงหรือผนังรับน้ำหนัก (Load Wall Bearing) และผนังที่ประกอบด้วยโครง กับ วัสดุประเภท Wall Board หรือ Wood Plank ห่อหุ้ม หรือผนังที่ผลิตจากวัสดุอัดบางประเภท โดยมีขนาดตามหน่วยพิกัด ซึ่งผนังประเภทนี้จะทำหน้าที่รับน้ำหนัก เช่นกัน แต่ใช้เฉพาะกับอาคารขนาดเบาเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

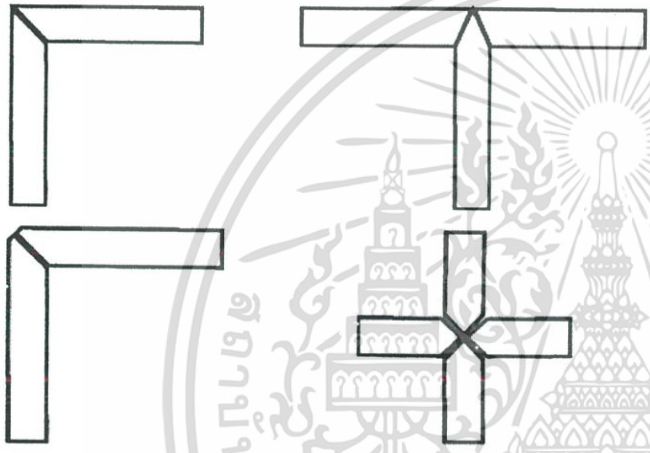
รอยต่อกำแพงหรือผนังโครงสร้างแบ่งประเภทตามหลักการต่อ

แบบลักษณะของรอยต่อคั่นพื้นฐานมีดังต่อไปนี้

1. แบบต่อชน



2. แบบต่อเข้าปากกบ



3. แบบต่อเข้าปากคาบ

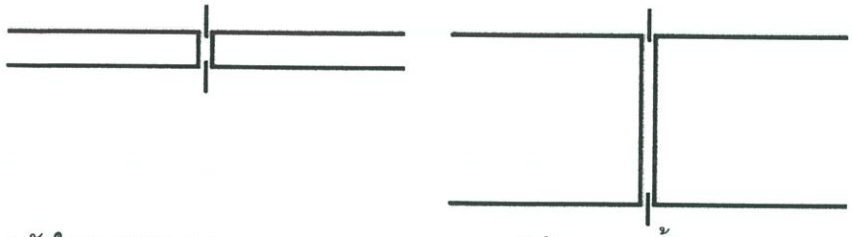
4. แบบต่อเข้าลิ้นราง นิยมใช้กับเข็มพืด (Sheet Piles) ซึ่งผลิตเป็นแผ่น ๆ ขนาดตามพิกัดนิยม ของเข็มพืดใช้ทำกำแพงเขื่อน แต่ละชิ้นส่วนถือค่าเป็น 1 หน่วยพิกัดนิยมของส่วนประกอบ

การยึดส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นกำแพงหรือผนังเข้าด้วยกัน

การยึดส่วนประกอบโครงสร้างเป็นกรรมวิธีที่ละเอียด ประสิทธิภาพในการผลิต การติดตั้ง การจัดงานก่อสร้าง ความมั่นคงแข็งแรง และความเรียบร้อยสวยงาม เป็นหลักการสำคัญยิ่งที่จะต้อง พิจารณาในการออกแบบรอยต่อ การกำหนดวิธียึด และการใช้อุปกรณ์ยึด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณาทางด้านวิศวกรรมโครงสร้าง และการพิจารณาทางสถาปัตยกรรม จะต้องพิจารณาร่วมกันทุก ๆ รอยต่อ ทั้งรอยต่อรอบนอกและรอยในของอาคารข้อระมัดระวัง เกี่ยวกับแรงที่จะกระทำกับผนังได้ ในลักษณะของแรงเฉือน



ผนังในระนาบนอน ผนังในระนาบตั้ง

นั่นคือ จะต้องมีการยึดส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นกำแพงหรือผนัง ทั้งในระนาบราบ หรือนอน (Horizontal Plane) และในระนาบตั้ง (Vertical Plane) เพื่อต่อต้านแรงเฉือนทั้ง 2 ระนาบได้ นอกจากจะต่อต้านแรงอัดและแรงดึงที่เกิดจากแรงกระทำภายใน (Internal Forces) อันเป็นปกติทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 5 การก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม

1. บทนำ

สืบเนื่องมาจากภายหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เกิดความต้องการด้านที่พักอาศัยอย่างใหญ่หลวง เนื่องจากบ้านเรือนได้รับความเสียหายจากสภาวะสงคราม ควบคู่ไปกับการขาดแคลนช่างฝีมือและวัสดุหลักทางการก่อสร้าง จึงเกิดความต้องการเร่งด่วน ที่จะจัดสร้างที่อยู่อาศัย ซึ่งวิธีการก่อสร้างที่ปฏิบัติกันอยู่ มีขีดจำกัดในการสนองต่อความต้องการเป็นจำนวนมาก ในระยะเวลาสั้น ๆ เมื่อเป็นเช่นนี้ทางภาคพื้นยุโรปจึงเร่งรัดพัฒนาเทคโนโลยี และองค์การดำเนินงานทางการก่อสร้างไปสู่การใช้ระบบสำเร็จรูป และระบบอุตสาหกรรมเพื่อแก้ปัญหาสำหรับความต้องการเร่งด่วน โดยที่การก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรมได้แนวคิดมาจากการผลิตทางอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เช่นการผลิตรถยนต์เป็นต้น

2. ความหมาย

การก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม คือ การผลิตพื้นส่วนประกอบอาคารจากโรงงานแล้วนำชิ้นส่วนเหล่านั้น ทั้งที่เป็นส่วนประกอบโครงสร้าง และส่วนประกอบอาคารที่ไม่ใช่โครงสร้าง มาประกอบเข้าเป็นตัวอาคารด้วยอุปกรณ์ เครื่องจักร ณ ที่ก่อสร้าง เป็นการลดความต้องการในแรงงานช่างฝีมือที่สถานที่ก่อสร้างคั่นระยะเวลาการก่อสร้างและสามารถสนองความต้องการใหม่ๆ ของอาคารและโครงการที่มีขนาดใหญ่กว่าแต่ก่อนมาก

3. จุดมุ่งหมายของการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม

จุดมุ่งหมายที่สำคัญก็คือ เพื่อลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำ และสร้างได้เร็วกว่าระบบการก่อสร้างในที่ การนำมาตรฐานและการประสานงานพิกัดมาใช้ เพื่อลดขั้นตอนของความยุ่งยากในขณะการก่อสร้าง เกิดความรวดเร็ว และลดความสูญเปล่าของวัสดุ

4. ขั้นตอนของการออกแบบก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรม

สิ่งสำคัญในการออกแบบก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม คือ การวางแผนการดำเนินการให้ถูกต้อง ตามขั้นตอน และการปฏิบัติตนอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งขั้นตอนการออกแบบมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

4.2 กำหนดความต้องการ

4.3 ตัดสินใจ

4.4 ออกแบบอาคารระบบการก่อสร้างชิ้นส่วน เทคนิคการประกอบขนส่ง

4.5 วางแผนและอำนวยการผลิต

4.6 การประกอบ

4.1 ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

มีข้อมูลที่ต้องศึกษาค้นคว้าเพื่อเตรียมการออกแบบมีดังต่อไปนี้

4.1.1 สถานที่ก่อสร้างและสภาพแวดล้อม

4.1.2 ประโยชน์ใช้สอย

4.1.3 หลักการออกแบบ

4.1.4 ระบบโครงสร้าง และวิธีการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม

4.1.5 การขนส่ง

4.1.6 การประสานทางมิติ และการประสานทางพิกัด

4.1.7 การดำเนินการตามขั้นตอน

4.1.1 สถานที่ก่อสร้างและสภาพแวดล้อม

ในการออกแบบอาคารสิ่งแรกที่ควรพิจารณา คือ สถานที่ก่อสร้าง และสิ่งแวดล้อม เพราะจะมีผลที่ทำให้งานก่อสร้างยากหรือง่าย และทำให้ค่าจ่ายในการลงทุนก่อสร้างถูกหรือแพงขึ้นจากที่ควรเป็นไปได้ มีหัวข้อควรจะพิจารณาคือ

(1) แหล่งที่หาของวัสดุ สำรวจว่าสถานที่นั้นอยู่ ณ ที่ใด มีแหล่งที่ผลิตวัสดุก่อสร้างหรือวัสดุที่จะนำมาผลิตอะไรบ้าง

(2) แหล่งที่มาทางด้านเทคนิค ดูว่าสามารถจัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์เครื่องจักรได้ขนาดไหน

(3) สถานที่เก็บวัสดุ ดูว่ามีที่เก็บวัสดุหรือไม่

(4) ทางเข้า และปัจจัยที่เป็นประโยชน์ ทางเข้า-ออกแคบหรือกว้าง

(5) ที่ตั้งและสภาพอากาศ ที่ตั้งใกล้หรือไกลจากโรงงานที่ผลิต และลมฟ้าอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นมีอิทธิพลกับโครงสร้าง และส่วนประกอบอาคาร

(6) พระราชบัญญัติควบคุมอาคารและกฎหมายเฉพาะที่ ศึกษาเทศบัญญัติและข้อบังคับการปลูกสร้างอาคารเฉพาะที่ ไม่ทำให้การออกแบบผิดพลาดอันจะทำให้เกิดความเสียหายและเสียเวลาในการแก้ไขศึกษา

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) ขีดจำกัดของเวลา

(8) ผลกระทบทางสังคม

(9) สภาพเศรษฐกิจและการขยายตัว

4.1.2 ประโยชน์ใช้สอย

รวบรวมข้อมูลทางด้านประโยชน์ใช้สอยว่าต้องการใช้อาคารนี้เพื่อกิจกรรมอะไรขนาดพื้นที่เท่าไร ถ้าเป็นบ้านพักอาศัย จะเป็นบ้านกี่ห้องนอน มีส่วนใช้สอย และการติดต่อภายในอย่างไร การเจาะช่องประตูหน้าต่างตรงไหน ทั้งนี้เพราะขนาดห้อง ขนาดอาคาร ความสูง และจำนวนชั้น และการทำช่องประตู หน้าต่าง จะเกี่ยวพันกับระบบโครงสร้างส่วนประกอบอาคาร และการประกอบติดตั้ง

4.1.3 หลักการออกแบบ

เมื่อทราบประเภทของอาคารแล้ว ต้องดูว่าอาคารที่จะออกแบบก่อสร้างนี้มีแนวทาง หลักการออกแบบอย่างไร ซึ่งอาคารแต่จะประเภทจะแตกต่างกันออกไป แต่ไม่ว่าจะมีหลักการอย่างไรออกแบบอาคารหลังนี้เป็นไปในแนวทางใด การออกแบบระบบอุตสาหกรรมจะต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของโครงสร้าง ความยากง่ายในขบวนการผลิต (ถ้าผลิตชิ้นส่วนเอง) ความสามารถในการขนส่งและขนยก ความสะดวกและความรวดเร็วในการติดตั้ง และการประกอบ และความปลอดภัยของผู้อยู่อาศัย และรูปลักษณะของสถาปัตยกรรมที่น่าดู

4.1.4 ระบบโครงสร้างและวิธีการก่อสร้าง

ระบบโครงสร้างในการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมมีคามแตกต่างกันมากมายและสามารถทำได้ในลักษณะต่าง ๆ แต่หลักการใหญ่อยู่ที่การแยกชิ้นส่วนเป็นโครงสร้างว่าจะแยกกันในลักษณะใดและจะนำมาประกอบยึดติดเป็นตัวอาคารด้วยวิธีใด อาจแยกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้คือ

(1) ระบบกล่อง (Box System)

(2) ระบบแผ่นผนังรับน้ำหนัก (Panel System)

(3) ระบบเสาและคาน แผ่นพื้น (Frame System)

นอกจากระบบดังกล่าวแล้ว ยังมีเทคนิคการก่อสร้างบางวิธีที่จัดเข้าเป็นการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมได้ เพราะการนำเครื่องมืออุปกรณ์พิเศษมาร่วมทำงานกับวิธีการก่อสร้างแบบเก่า โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะประหยัดเวลา แรงงาน และวัสดุก่อสร้างเหมือนกันแต่แทนที่จะผลิตจากโรงงานที่จัดเตรียมไว้โดยเฉพาะ กลับทำการผลิตขึ้นโดยตรง ณ ที่ก่อสร้างนั้นเลย เทคนิคการก่อสร้างพิเศษเหล่านี้ได้แก่

Life – Slab System คือระบบที่ใช้วิธีหล่อพื้นของอาคารทั้งหลังติดต่อกันตลอดเป็นผืนเดียวกัน และเพื่อป้องกันไว้ที่ระดับดิน พร้อมกันกับข้อต่อเหล็กเชื่อมติดดับเสาที่จะเตรียมไว้หลังการซ่อมและทิ้งเวลาให้คอนกรีตแข็งตัวเต็มที่ แล้วจึงใช้แม่แรงระบบไฮโดรลิกยกแผ่นพื้นให้เลื่อนขึ้นจนถึงระดับที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lift-Slab System คือระบบที่ใช้วิธีหล่อพื้นของอาคารทั้งหลังติดต่อกันตลอดเป็นผืนเดียวกัน และหล่อซ้อนกันไว้ที่ระดับดิน พร้อมกับกับข้อต่อเหล็กที่เชื่อมติดกับเสาที่จะเตรียมไว้หลังการซ่อม และทิ้งเวลาให้คอนกรีตแข็งตัวเต็มที่ แล้วจึงใช้แม่แรงระบบไฮโดรลิคยกแผ่นพื้นให้เลื่อนขึ้นจนถึงระดับที่ต้องการ แล้วจึงเชื่อมปลอกข้อต่อที่ตั้งติดไว้กับพื้นติดเข้ากับแกนเสา

Slip-Form คือแบบหล่อพิเศษที่ใช้สำหรับหล่อผนังคอนกรีตตามระบบสร้างในที่ แบบหล่อพิเศษนี้เลื่อนขึ้นได้ ตามความสูงของผนังที่ต้องการด้วยระบบแม่แรงไฮโดรลิค เช่นเดียวกัน นิยมใช้กันมากกับการสร้างผนังคอนกรีตของส่วนที่เป็นของอาคารสูงหลายชั้น

4.1.5 การขนส่ง

การขนส่งจะมีผลสำคัญต่อการเลือกโดยสร้าง และวิธีการก่อสร้างจะต้องศึกษาข้อมูลว่า ถ้าเลือกวิธีการก่อสร้างในระบบนี้ โดยเลือกผลิตหรือใช้ส่วนประกอบอาคารในรูปแบบนี้ ขนาดนี้ จะสามารถทำการขนยกไปยังที่ก่อสร้างได้สะดวกหรือไม่ ถ้าไม่สะดวกจะมีวิธีแก้ไขปัญหาได้อย่างไร

4.1.6 การประสานทางมิติ และการประสานทางพิกัด

ข้อมูลนี้เป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการออกแบบระบบอุตสาหกรรมเพื่อสร้างมาตรฐานหาขนาดที่สัมพันธ์กันระหว่างส่วนประกอบอาคารกับขนาดของอาคาร เพื่อที่จะประกอบส่วนต่างๆให้ประสานเข้าด้วยกันโดยพยายามหรือไม่ให้มีการเสริมแต่งและการเสียเศษ ขนาดพิกัดนี้จะต้องใช้ตั้งแต่การออกแบบส่วนประกอบอาคาร การออกแบบอาคาร การทำงานในที่ก่อสร้างเพื่อการประกอบ และติดตั้งชิ้นส่วนซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างผู้ออกแบบซึ่งเป็นสถาปนิกและวิศวกร
ผู้ผลิต และนายช่างรับเหมาก่อสร้าง

4.1.7 การดำเนินการตามขั้นตอน

การดำเนินการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมต้องมีการวางแผนงานการก่อสร้างไว้ล่วงหน้า การกำหนดขั้นตอนการทำงาน และช่วงเวลาการทำงานที่เป็นไปได้และควบคุมงานในการก่อสร้างจริงให้เป็นไปตามแผนงานและทำให้การทำงานนั้นสำเร็จตรงตามเวลา และตรงตามเป้าหมาย สามารถกำหนดราคาได้อย่างถูกต้อง

4.2 กำหนดความต้องการ

หลังจากรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบ และก่อสร้างได้แล้ว ก็สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาพิจารณาเพื่อกำหนดรูปแบบตามที่ต้องการได้ แต่ก่อนที่จะกำหนดรูปแบบตามความต้องการ ก็ต้องศึกษาความต้องการของอาคารแต่ละรูปแบบ พร้อมทั้งประเมินค่าความแตกต่างในการก่อสร้างอาคารแต่ละแผน แต่ละระบบด้วยว่าแบบใด ระบบใด จะเป็นแบบที่เหมาะสมกับสถานการณ์

ความต้องการก่อสร้างอาคารแต่ละรูปแบบจะแตกต่างกัน ดังนั้นก่อนที่จะเลือกรูปแบบของอาคาร และ ระบบการก่อสร้างควรจะประเมินค่าความแตกต่างระหว่างราคาค่าก่อสร้างกับเวลาที่ทำการก่อสร้าง การลงทุนทำการก่อสร้างด้วยเงินกู้ต้องการการก่อสร้างที่รวดเร็วอาจต้องเลือกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อสร้างที่ประหยัด และระบบการก่อสร้างที่สามารถทำได้ในระยะสั้น ถ้าแม้ราคาค่าก่อสร้างจะสูงกว่าราคาค่าก่อสร้างด้วยวิธีอื่น แต่เมื่อคิดถึงการประหยัดเวลา ประหยัดเงินกู้สามารถเรียกเงินทุนคืนจากการเช่าหรือขายได้เร็วกว่า ก็จะเป็นการลงทุนที่เหมาะสมกว่าการทำการก่อสร้างในระยะยาว

4.3 การตัดสินใจ

หลังจากการที่ประเมินความแตกต่างระหว่างราคาและเวลาแล้ว ก็สามารถตัดสินใจเลือกรูปแบบอาคาร และวิธีการก่อสร้างและเพื่อให้การลงทุนนี้ได้ผลที่แน่นอน จะต้องศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุน (Feasibility Study)โดยการคิดราคาก่อสร้างจากรูปแบบคร่าวๆ ที่ตัดสินในเลือกแล้ว โดยอาจคิดราคาค่าก่อสร้างจากเนื้อที่เป็นตารางเมตรเพื่อที่จะได้ทราบFINAL Cost แล้วจึงทำ Cash Flow แสดงรายจ่าย – รายรับ แต่ละช่วงการดำเนินงาน และช่วงเวลาเพื่อทราบทุนหมุนเวียน และจำนวนเงินที่ต้อง Control ไว้ และ Feasibility Study ที่ทำการเสร็จแล้ว จะถูกส่งไปให้ผู้ลงทุน เพื่อรับการอนุมัติโครงการจะได้ทำการออกแบบในขั้นต่อไป

4.4 ออกแบบอาคาร ระบบส่วนประกอบ

เมื่อโครงการได้รับอนุมัติจากผู้ลงทุนแล้ว สถาปนิกจะต้องร่วมกันปรึกษากับวิศวกรและทำการออกแบบร่าง (Feelimivazy Design) เสนอต่อผู้ลงทุน ต่อจากนั้นก็ทำการแก้ไขปรับปรุงทำเป็นแบบสมบูรณ์ การพิจารณาออกแบบอาคารต้องคำนึงถึง

4.4.1 รูปร่าง ขนาด ของอาคาร

4.4.2 จำนวนชั้น และความสูงอาคาร

4.4.3 ทางเดิน ตำแหน่งบันได ลิฟท์ ห้องน้ำ ห้องเครื่อง

4.4.4 การตกแต่งพื้น ผนัง เพดาน และอื่นๆ

4.4.5 ระบบโครงสร้าง ระบบฐานราก

4.4.6 ระบบประปา ท่อระบายน้ำ ระบบป้องกันเพลิงไหม้

4.4.7 ระบบปรับอากาศ ระบบเครื่องทำน้ำร้อน

4.4.8 ระบบไฟฟ้า ระบบไฟฉุกเฉิน ระบบสัญญาณเตือนภัย

4.4.9 ระบบพิเศษเฉพาะอาคารแต่ละประเภท เช่น ระบบเสียง ระบบโทรทัศน์

แบบก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมนอกจากจะแสดงแบบทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมที่จำเป็นแล้ว จะต้องแสดงถึงรายละเอียดของส่วนประกอบอาคาร วัสดุและลักษณะของส่วนประกอบ แสดงรอยต่อ รายละเอียดของแนวรอยต่อ การติดตั้งและการประกอบชิ้นส่วนเหล่านั้นเข้าเป็นอาคารด้วย เพื่อที่จะให้การศึกษาแบบได้อย่างชัดเจนและง่าย ควรจะทำหุ่นจำลองของอาคารนั้น หรือสร้างอาคารต้นแบบเป็นตัวอย่างในกรณีที่มีการก่อสร้างซ้ำกัน เพื่อที่จะปรับปรุงข้อบกพร่องอันอาจเกิดมีขึ้นได้ การสร้างอาคารต้นแบบจะทำให้ได้ ศึกษาถึงการประกอบติดตั้งส่วนประกอบอาคารเข้าด้วยกันได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 **วางแผนและอำนวยการผลิต**

ขณะที่ดำเนินการออกแบบนั้น จะต้องเตรียมเอกสารสำหรับเสนอกราคาค่าก่อสร้างการทำสัญญาก่อสร้าง และ การวางแผนขั้นตอนการดำเนินงานก่อสร้าง เพื่อจะได้ทำการก่อสร้าง และอำนวยการผลิตต่อไป

4.6 **การประกอบ**

เมื่อวางแผนดำเนินงานก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการออกแบบก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรม

5. ข้อกำหนดในการออกแบบอาคารระบบอุตสาหกรรม

5.1 มีข้อกำหนดในการเลือก ระยะ ขนาด โครงสร้างวัสดุ และรูปแบบอาคารโดยอาศัยหลักการของการประสานทางมิติ (Dimensional Co-Ordination) ซึ่งเป็นการออกแบบที่ต้องใช้มาตรฐาน (Standard)

5.2 การผลิตต้องมีคุณภาพ

5.3 การก่อสร้างต้องอาศัยนายช่างและคนงานที่มีความรู้ ความชำนาญ ในการประกอบการติดตั้งมากกว่าการก่อสร้างแบบสำเร็จในที่ต้องมีรายละเอียดของส่วนประกอบอาคาร ตำแหน่งที่ตั้งแต่ละชิ้นแต่ละหน่วยระยะที่เป็นพิกัด หรือระยะของส่วนประกอบและแสดงการติดตั้งประกอบกันเข้าเป็นตัวอาคารด้วยภาพ 3 มิติ

6. ข้อดีของการก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม

6.1 จะทำให้ราคาค่าก่อสร้างลดลง โดยพิจารณาได้ ๒ ด้าน คือ

6.1.1 ราคาลดลงได้โดยตรงจากค่าวัสดุก่อสร้าง

6.1.2 ราคาลดลงได้โดยอ้อมจากการลดระยะเวลาในการก่อสร้าง

6.2 การก่อสร้างรวดเร็ว ทำให้ผลตอบแทนต่อค่าเงินลงทุนเร็วขึ้น

6.3 คุณภาพงานดีขึ้น

6.4 ไม่มีปัญหาจากสภาพดินฟ้าอากาศในการก่อสร้าง

6.5 การก่อสร้างสามารถจัดควบคุมระบบการทำงานให้เป็นไปตามกำหนดเวลาได้แน่นอนกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ข้อเสียของการก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม

7.1 การขนส่งลำบาก และต้องใช้อุปกรณ์ขนาดใหญ่ในการขนย้าย

7.2 การที่มีรอยต่อของชิ้นส่วนต่างๆ มาก จะทำให้เสียเวลาทั้งในด้านการออกแบบรอยต่อและการประกอบ

7.3 ต้องอาศัยช่างที่มีความชำนาญในการควบคุมงาน

8. ปัญหาและอุปสรรคในการนำเอาระบบอุตสาหกรรมมาใช้

8.1 ด้านเทคนิค เป็นปัญหาทางด้านเทคนิค วิธีการสร้างในตัวของแต่ระบบ

8.2 ด้านการลงทุน ในการลงทุนเริ่มต้นจะสูงกว่าค่าระบบการสร้างในที่ โดยเฉพาะ ค่าอุปกรณ์การก่อสร้าง ค่าอุปกรณ์การผลิต เป็นต้น

8.3 ด้านการตลาด การผลิตในระบบอุตสาหกรรมจะต้องมีผลผลิตออกมามากให้ได้จำนวนมากต่อปี จึงจะสามารถมีราคาต่ำได้และคุ้มกับการลงทุน เมื่อผลิตออกมาจำนวนมาก ก็จำเป็นต้องมีตลาดสำหรับผลผลิตอย่างต่อเนื่อง

9. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในปัจจุบันการผลิต ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้พัฒนาไปสู่ขบวนการผลิตแบบอุตสาหกรรมแล้วเป็นส่วนใหญ่ อุตสาหกรรมหลายประเภทได้เปลี่ยนไปใช้เครื่องจักรแทนคน แต่สำหรับอุตสาหกรรมการก่อสร้างมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่การใช้ขบวนการผลิตงานอุตสาหกรรมช้ามาก เนื่องจากองค์ประกอบและวัตถุดิบของอาคารมีความซับซ้อนและเป็นการง่ายที่จะนำไปสู่ขบวนการผลิตอีกทั้งความต้องการในอาคารแต่ละหลังมีความแตกต่างกันมาก

ระบบอาคารแต่ละประเภทมีคุณลักษณะเฉพาะตัว และได้เปรียบเสียเปรียบต่างกัน การเลือกใช้ระบบอาคารประเภทใด จะต้องขึ้นอยู่กับสถานการณ์ สภาพงาน เศรษฐกิจ ระดับของเทคโนโลยี ความสามารถของอุตสาหกรรมการก่อสร้าง วัตถุประสงค์และอื่นๆมาประกอบ การเลือกใช้ การรับเข้ามาซึ่งวิทยาการสมัยใหม่ โดยตรงจากต่างประเทศไม่ได้เป็นการแก้ปัญหา แต่จะทำให้เราต้องพึ่งประเทศอื่น รวมทั้งเสียดุลการค้าให้กับต่างประเทศอีกด้วย การนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆมาใช้ ควรตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเหมาะสม และขีดความสามารถของการก่อสร้างในแต่ละภูมิภาค โดยมีความเข้าใจในขั้นตอนการก่อสร้างเป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ระบบโครงสร้างที่ใช้กับพื้นที่อาคารที่มีลักษณะของตารางพิกัดต่างๆ กันในข้างต้น เป็นการวิเคราะห์ที่ให้เกิดความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างแผนผังที่มีลักษณะเป็นตารางพิกัด กับระบบโครงสร้างที่จะพิจารณานำมาใช้ ซึ่งจะต้องพิจารณาร่วมกันในอันดับแรก ของ Modular Planning

การวิเคราะห์ระบบโครงสร้าง จากแผนผังตัวอย่างดังกล่าวมาข้างต้น เป็นการเปรียบเทียบให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่าระบบโครงสร้าง กับลักษณะของตารางพิกัดในขั้น Planning ของอาคารทั่วไปเท่านั้น ซึ่งจะออกแบบให้มีการก่อสร้างในระบบ การก่อสร้างกับที่หรือสำเร็จรูปก็ตาม

สำหรับวัสดุก่อสร้างและระบบการก่อสร้างที่เราจะตัดสินใจนำมาใช้นั้น จำเป็นต้องมีการพิจารณาวิเคราะห์และวิจัย โดยถี่ถ้วนอีกหลายด้าน ทั้งนี้ เพื่อประสิทธิภาพในผลผลิต และประโยชน์ที่จะได้จากระบบการประสานทางพิกัดอย่างแท้จริง การพิจารณาในด้านอื่นๆ ได้แก่ การปฏิบัติงาน การดำเนินงาน เวลาของการก่อสร้าง การขนส่ง ความต้องการหรือเป้าหมายแต่ละ Project เป็นต้น

วัสดุก่อสร้างที่ใช้เป็นวัสดุโครงสร้างในปัจจุบันไว้ในระบบประสานทางพิกัด

Wood Steel Aluminum Bearing Brick Cut Stone Bearing Hollow Block Plain Concrete Reinforced Concrete

วัสดุแต่ละชนิดมีขอบข่ายความสามารถในการรับน้ำหนัก และแรงประเภทต่างๆ แตกต่างกัน ฉะนั้นการใช้วัสดุกับอาคารขนาดใด จำนวนชั้นของอาคาร และระบบโครงสร้างอย่างใด จำเป็นต้องอยู่ในการพิจารณาขั้นพื้นฐานก่อนที่จะเริ่มการออกแบบแผนผังอาคารทุกประเภท โดยเฉพาะในระบบการประสานทางพิกัดที่มีการออกแบบการก่อสร้างในระบบสำเร็จรูป

วัสดุแต่ละชนิด มีธรรมชาติและคุณสมบัติแตกต่างกัน การออกแบบข้อต่อ หรือรอยต่อ (Connection Joints) และแนวต่อของการก่อสร้าง (Construction Joints) ผู้ออกแบบจำเป็นที่จะต้องมีความเข้าใจในธรรมชาติของวัสดุก่อสร้างนั้นๆ วิธีการก่อสร้างที่ถูกต้องของวัสดุนั้นๆ ตลอดจนอุปกรณ์ในการก่อสร้าง และเครื่องมือ หรือเครื่องกล (Hand Tool or Machine Tools) ที่จะใช้ในการก่อสร้างผู้ออกแบบจึงสามารถออกแบบอาคารในระบบการประสานทางพิกัด และสำเร็จรูปได้โดยสมบูรณ์ ดังตารางที่ ข1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข1 Possibility In Structural Design And Construction Of Building Materials

Materials	Frames	Post & Lintel	Load Bearing	Light Construction	Heavy Construction
Wood	/	/	/	/	/
Aluminum	/	/	-	/	/
Steel	/	/	-	/	-
Bearing Brick	-	-	/	-	/
Bearing Hoilow Block	-	-	/	-	/
Cut Stone	-	/	/	-	/
Plam Concrete	-	/	/	-	/
Materials	**Frames**	**Post & Lintel**	**Load Bearing**	**Light Construction**	**Heavy Construction**
Reinforced Concrete	/	/	/	/	/
Bearing Brick Combined with Other Material	-	/	/	/	/
Bearing Hoilow Block Comined with Other Material	-	/	/	/	/

ผลที่จะได้จากองค์ประกอบสถาปัตยกรรม ในการวางแผนผังโครงสร้าง

ในงานสถาปัตยกรรม องค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมต่างๆ ซึ่งได้แก่ การทำผิวพื้น ฝ้าเพดาน และฝาผนังอาคารที่ทำหน้าที่เป็นผิว (Skin of Membrane) เป็นงานอีกขั้นตอนหนึ่งของการก่อสร้าง วัสดุที่ใช้ทำผิวพื้น เพดาน และฝาผนังที่เป็นผิว มิได้เป็นประเภทวัสดุโครงสร้าง

อาคารที่ออกแบบด้วยวิธีการของระบบการประสานทางพิกัด องค์ประกอบสถาปัตยกรรมทั้งหมดจะต้องอยู่ในระบบของการประสานทางพิกัดด้วย

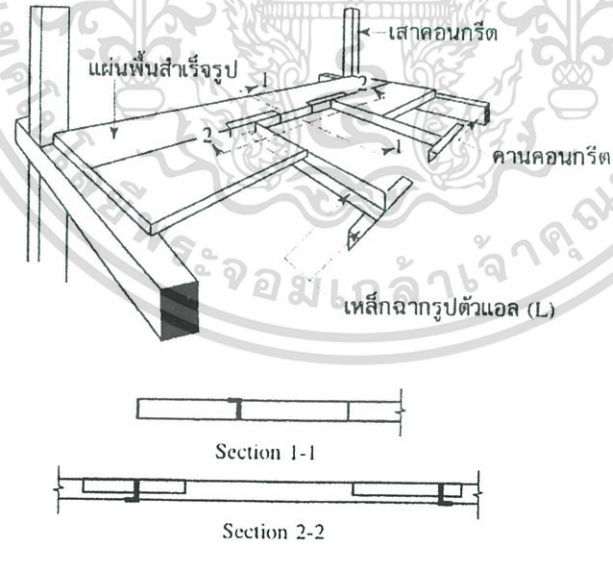
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้นส่วนสำเร็จรูปของอาคาร

การก่อสร้างในปัจจุบันต้องการความรวดเร็ว ประหยัด เพื่อสนองความต้องการในเรื่องที่อยู่อาศัยซึ่งทวีจำนวนขึ้นทุกขณะเนื่องจากพลเมืองเพิ่มขึ้นและที่อยู่อาศัยไม่เพียงพอ การที่จะก่อสร้างอาคารเหมือนๆ กันในรูปแบบและสร้างได้อย่างรวดเร็วเช่น บ้านจัดสรรนั้น วิธีที่จะทำได้ผลสำเร็จด้วยดีจึงจำเป็นต้องใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป ของอาคารเพื่อให้ทำได้โดยรวดเร็ว ประหยัด และมีคุณภาพดี เช่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีต อัดแรงซึ่งประหยัดทั้งเวลา ประหยัดทั้งไม้แบบในการทำ นอกจากนี้พื้นที่หล่อสำเร็จจากโรงงานย่อมทำได้โดยประณีตและได้มาตรฐาน มีความแข็งแรงดีกว่าการที่จะหล่อในที่ที่ก่อสร้าง ปัจจุบันมีบริษัทต่างๆ ที่ผลิตวัสดุก่อสร้างที่เป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปออกมาจำหน่ายมากมาย เช่น พื้น บ่อ สำหรับเก็บน้ำหรือใช้เป็นบ่อเกรอะ บ่อซึม บ่อพัก ประตูหน้าต่างไม้สำเร็จรูป หรือแม้แต่เสาเข็มคอนกรีตก็มีจำหน่ายในรูปลักษณะและความยาวต่างๆ กันตามความต้องการของผู้ใช้ ในที่นี้จะแนะนำให้รู้จักชิ้นส่วนสำเร็จรูปบางชนิดที่ใช้กันแพร่หลายอยู่ทั่วไป

1. พื้น คสล. สำเร็จรูป

พื้น คสล. สำเร็จรูปมีผู้ผลิตออกมาในลักษณะต่างๆ กัน เช่น แตกต่างกันในหน้าความยาว ความสามารถในการรับน้ำหนัก ฯลฯ ซึ่งมีลักษณะการติดตั้งดังตัวอย่างต่อไปนี้



1.1 พื้นคอนกรีตอัดแรงหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าบางๆ เหมือนไม้กระดาน ผลิตโดยบริษัท วี.พี. จำกัด ความยาวมาตรฐานที่ผลิตออกมาคือ ขนาดยาว 0.5,1,1.5,... ถึง 5 เมตร หน้าตัดขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร หนา 4-14 เซนติเมตรแล้วแต่ความต้องการที่จะให้รับน้ำหนักได้เท่าใด พื้นชนิดนี้เสริมลวดเหล็กอัดแรง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร เสริม 3-9 เส้นแล้วแต่น้ำหนักจรที่ต้องการให้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับได้เมื่อปูพื้นชนิดนี้แล้วต้องเทคอนกรีตเสริมเหล็กทับอีกประมาณ 4-5 เซนติเมตร โดยเสริมเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรห่างกันประมาณ 20 เซนติเมตร โดยเสริมเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรห่างกันประมาณ 20 เซนติเมตร เป็นตารางเพื่อยึดแผ่นพื้นให้ติดแน่นเข้าด้วยกันและเรียบสม่ำเสมอ ส่วนท้องพื้นนั้นเรียบสนิทไม่จำเป็นต้องฉาบปูนอีกครั้ง

ข้อกำหนด ลักษณะทั่วไป คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ของแผ่นคอนกรีตอัดแรง วี.พี. ใช้เป็นพื้นสำเร็จรูป มีดังต่อไปนี้

1. ลักษณะทั่วไป

- หน้าตัด 4 x 30 เซนติเมตร
- ความยาวตามที่ผู้ใช้ต้องการ แต่ไม่เกิน 5.90 เมตร
- น้ำหนักประมาณ 96 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

2. คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้

- คอนกรีตมีกำลังอัดประลัยไม่ต่ำกว่า 400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 x 12 นิ้ว เมื่ออายุ 7 วัน
- ลวดเหล็ก มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 95-2517

ข้อดีของแผ่นคอนกรีตอัดแรง วี.พี. คือ บาง ราคาค่อนข้างถูก ไม่ต้องฉาบท้องหรือตีฝ้าติดตั้งง่ายและรวดเร็ว ตัดหรือดัดแปลงได้ง่าย เจาะรู เดินสายไป และเดินท่อประปาง่าย แข็งแรง ไม่ต้องแต่งแนวรอยต่อ

1.2 แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เป็นแผ่นบางตัน แผ่นคอนกรีตพื้นชนิดแบบสำเร็จรูปอีกแบบหนึ่ง คือ พื้น วี-คอน ซึ่งทำออกมาช่วงยาว 2.50,2.75,3,3.25,.... ไปจนถึง 6 เมตร ขนาดแผ่นความกว้าง 120 เซนติเมตร ความหนา 11 เซนติเมตร ผิวบนของพื้นชนิดนี้เป็นร่องเหลี่ยมแผ่นละ 3 ร่องตื้นๆ เมื่อวางพื้นนี้แล้วต้องเทคอนกรีตทับหน้าหนาประมาณ 3 เซนติเมตร รายละเอียดของเหล็กเสริม

1.3 พื้นสำเร็จรูปหน้าตัดรูปตัวยูคว่ำของซีแพค พื้นสำเร็จรูปหน้าตัดรูปตัวยูคว่ำของซีแพคผลิตออกมาในขนาดสูง 15 และ 20 เซนติเมตร แผ่นพื้นแต่ละแผ่นกว้าง 60 เซนติเมตร ความยาวมีผลิตออกมาตั้งแต่ 3 จนถึง 8 เมตร แผ่นพื้นชนิดนี้ใช้เครื่องจักรในการผลิต น้ำหนักของแผ่นพื้นชนิดสูง 15 เซนติเมตร ประมาณ 92 กิโลกรัมต่อความยาว 1 เมตร การรับน้ำหนักจรของพื้นชนิดนี้แตกต่างกันไปตามความขาวของช่วงและจำนวนเหล็กเสริมแผ่นพื้น

แผ่นพื้นไม่รวมเททับหน้า = 154 กก./ม^2.
แผ่นพื้นรวมคอนกรีต 5 ซม. ทับหน้า = 287 กก./ม^2.
แผ่นพื้นไม่รวมเททับหน้า = 174 กก./ม^2.
แผ่นพื้นรวมคอนกรีต 5 ซม. ทับหน้า = 313 กก./ม^2.

หมายเหตุ : ขอบข่ายของความหมายของความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรณี Untopped Slab หมายถึง Uniformly Distributed Loads ทั้งหมดที่กระทำต่อแผ่นพื้นนอกเหนือจากน้ำหนัก ของแผ่นพื้น และปูนทรายที่หยอดร่อง Shear Key
- กรณี Topped Slab หมายถึง Uniformly Distributed Loads ทั้งหมดกระทำต่อแผ่นพื้นนอกเหนือจากน้ำหนักของแผ่นพื้น และคอนกรีตทับหน้า

1.4 พื้นสำเร็จรูปแบบระบบคานรูปตัวที เป็นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วน 2 ชิ้น ชิ้นหนึ่งเป็นคานรูปตัวทีที่วางกลับคว่ำลงเป็นระยะๆ และมีชิ้นส่วนที่เป็นบล็อกสำเร็จรูปกลวงเป็นก้อนๆ ทำด้วยคอนกรีต เช่น ขนาดที่ซีแพคทำออกมาขนาดหนา 9.5 เซนติเมตร ขนาดหนา 12 เซนติเมตร ส่วนความกว้างของบล็อกขนาดกว้างสุดที่ปีก 52 เซนติเมตร

วิธีติดตั้งคานรูปตัว T มีดังนี้คือ

1. เรียงคานตัว T ห่างกันประมาณ 57 เซนติเมตร (ศูนย์กลางถึงศูนย์กลาง) โดยให้ส่วนปลายวางบนคานรองรับอย่างน้อย 5 เซนติเมตร
2. ค้ำยันด้วยไม้ขนาด 2x4 นิ้ว รองไม้ขนาด 2x4 นิ้วบนค้ำยันใต้ท้องคาน ถ้าพื้นดินอ่อน ให้ใช้ไม้ขนาด 1 ½ x 6 นิ้วรองพื้นใต้ค้ำยัน แล้วปรับระดับคานด้วยลิ่มไม้
   - ความยาวคานไม่เกิน 1 เมตร ไม่ต้องค้ำ
   - ความยาวคาน 1-3 เมตร ให้ค้ำที่กลางคาน
   - ความยาวคาน 3 เมตรขึ้นไป ค้ำ 2 จุดที่ 1 ใน 3 ของคาน
3. เมื่อค้ำยันเรียบร้อยแล้ว เรียงบล็อกลงไประหว่างคานตัว T
4. วางตะแกรงเหล็กเพื่อเทคอนกรีตทับหน้าให้มีความหนาอย่างน้อย 3 เซนติเมตร ใช้เหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ระยะห่างกัน 33 เซนติเมตร
5. การเดินทำงานบนพื้นสำเร็จรูปที่ยังไม่เทคอนกรีตทับหน้า ควรเดินแบบแผ่นไม้เพื่อช่วยกระจายน้ำหนัก
6. ก่อนเทคอนกรีตใช้น้ำล้างคานตัว T และบล็อก เพื่อทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่เกิดจากการทำงาน และเพื่อให้บล็อกพื้นเปียกชุ่มจะได้ไม่ดูดน้ำจากคอนกรีตทับหน้า
7. หลังจากเทคอนกรีตทับหน้าแล้ว ควรบ่มด้วยน้ำติดต่อกันอย่างน้อย 3 วัน
8. การถอดแบบค้ำยันจะถอดได้เมื่อแรงอัดประลัยของแท่งคอนกรีตตัวอย่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6x12 นิ้ว ไม่ต่ำกว่า 150 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

1.5 พื้นสำเร็จรูปโดยใช้อิฐ ซี.เอ็ม. ประกอบคาน ใช้วางคานสำเร็จรูป ระยะห่างกันจากศูนย์กลางถึงศูนย์กลาง 43 เซนติเมตร เมื่อวางคานแล้วปูช่องว่างระหว่างคานด้วยอิฐ ซี.เอ็ม. กลวงขนาด 29 เซนติเมตร ยาวก้อนละ 25 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 พื้นสำเร็จรูปแบบกลวง เป็นพื้นสำเร็จรูปซึ่งเป็นแผ่นคอนกรีตอัดแรงแบบกลวง ขนาด 60 เซนติเมตร หนา 12 เซนติเมตร ความยาวมีตั้งแต่ 3 เมตร ไปจนถึง 6.50 เมตร ตามรายละเอียดในรูปที่ 24.10 แผ่นพื้นชนิดนี้สามารถร้อยสายไฟในรูพื้นได้ จัดจำหน่ายโดยบริษัทปูนซิเมนต์ไทยจำกัด

พื้นชนิดนี้ขณะติดตั้งไม่ต้องมีไม้ค้ำยันใดๆ ผิวล่างของแผ่นคอนกรีตอัดแรงแบบนี้ มีความเรียบมากไม่จำเป็นต้องฉาบปูนแต่งผิวอีก

1.7 พื้นสำเร็จรูปคอนกรีตอัดแรงรูปดับเบิลที ใช้ชื่อการค้าว่า วี-คอนดับเบิลทีฟลอร์ หน้าตัดกว้าง 120 เซนติเมตร ความลึก 15 เซนติเมตร ความยาวมีตั้งแต่ขนาด 2.50 ไปจนถึง 7.25 เมตร เมื่อปูลงแล้วจะต้องมีคอนกรีตเสริมเหล็กทับหน้าหนาประมาณ 5 เซนติเมตร

2 เสาเข็มสำเร็จรูป

เนื่องจากในปัจจุบันเสาเข็มไม้หายากขึ้นและราคาสูงขึ้น อีกทั้งในอาคารสูงหลายๆ ชั้นต้องการเสาเข็มที่ใหญ่และยาว ไม่สามารถหาเสาไม้ขนาดโตๆ ได้ จึงมีบริษัทผู้ผลิตเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงขึ้นในลักษณะ รูปร่าง ความยาวต่าง ๆ กันมากมาย เพื่อให้ผู้ที่สนใจในการก่อสร้างได้ทราบข้อมูลต่างๆ ของเสาเข็มเหล่านี้สำหรับเป็นข้อพิจารณาในการใช้งานจึงจะยกตัวอย่างให้ทราบดังต่อไปนี้

เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงขนาดเล็กรูปตัวที เป็นเสาเข็มขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบา หน้าตัดเป็นรูปตัวที ขากว้าง 12 เซนติเมตร ความยาวมีตั้งแต่ 3,3.5,4,4.5,5,5.5 และ 6 เมตร

3 ตอม่อสำเร็จรูป

ตอม่อสำเร็จรูป คสล. มีผู้ผลิตออกจำหน่ายในขนาดความยาวต่างๆ กันตั้งแต่ขนาดความยาว 1.5,2.0,2.5,3.0 เมตร เป็นต้น ส่วนความโตของเสานั้น เป็นหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส เช่น 10 x 10 เซนติเมตร 12.5 x 12.5 เซนติเมตร ที่ส่วนปลายนั้นมีบากสำหรับต่อเสาไม้ยาว 15 เซนติเมตร ส่วนฐานมีขนาดกว้างเพียง 25 เซนติเมตรเท่านั้น เสาขนาด 10 x 10 เซนติเมตร ยาว 1.5 เมตร ราคาต้นละ 150 บาท (พ.ศ. 2532)

4 บ่อส้วมสำเร็จรูป

บ่อส้วมสำเร็จรูปเป็นซีเมนต์ผสมทรายและมีลวดเหล็กขนาดเล็กเสริมโดยรอบ ถึงนี้ใช้เป็นบ่อเกรอะ-บ่อซึมชนิดราคาถูก โดยนำมาต่อกันหลายๆ ท่อน หรือบางครั้งก็นำไปต่อกันใช้เป็นถังเก็บน้ำในชนบทก็มี ตัวถังเป็นรูปกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 84 เซนติเมตร (ภายนอก) สูง 35 เซนติเมตร ถังมีความหนา 2 เซนติเมตร ก้นกลวง ที่ปากถึงมีบ่าสำหรับต่อท่อนต่อไปราคาถังละ 95 บาท (พ.ศ. 2532)

5 บ่อพักสำเร็จรูป

บ่อพักสำเร็จรูปทำด้วยซีเมนต์ผสมทรายและมีลวดเหล็กเสริม ทำในขนาดต่างๆ กัน เช่น ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

35 x 45 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร ที่ปากบ่อเป็นบ่าสำหรับรับฝาปิด ส่วนก้นบ่อกลวง เมื่อจะใช้ต้องหล่อก้นบ่อปิดอีกทีหนึ่ง ราคาบ่อพร้อมฝาปิดชุดละ 60 บาท

6 บานประตูหน้าต่างสำเร็จรูป

บานประตูหน้าต่างไม้ในปัจจุบันผลิตสำเร็จรูปออกมาชนิดและขนาดต่างๆ กัน ประตูที่เป็นผิวเรียบ 2 ด้านที่ทำด้วยไม้อัดสักนั้น โดยมากผลิตออกมาขนาดกว้าง 80 เซนติเมตร สูง 2 เมตร กว้าง 90 เซนติเมตร สูง 2 เมตร เป็นต้น ส่วนชนิดที่เป็นลูกพักลวดลายต่างๆ นั้นผลิตออกมาในลักษณะต่างๆ กัน ประตูที่เป็นบานเกล็ดซึ่งเป็นประตูห้องน้ำก็มีกว้าง 60-70 ซม. 1.6-2 เมตร

ประตูโลหะ ประตูโลหะแบบไดมอนด์-ดอร์ รุ่น RS101-102 เป็นประตูชนิดบานทึบ ผลิตด้วยแผ่นโลหะอย่างดี เบอร์ 18 (1.2 มิลลิเมตร) ชั้นเดียว ปั๊มขึ้นรูปเป็นลวดลายสวยงาม พร้อมทั้งเป็นโครงกระดูกที่แข็งแรง กรอบบานประตู ความหนา 3.2 x 9.8 เซนติเมตร ผ่านกระบวนการเคมีกันสนิมและเคลือบสีชนิดพิเศษ กันกรด ด่าง และเกลือ อบด้วยความร้อนที่ 180 องศาเซลเซียส ไว้ภายนอก จึงให้ความคงทน ถาวร ไม่หดหรือขยายตามสภาพดินฟ้าอากาศ เหมาะใช้กับประตูที่ถูกแดดและฝนเป็นประจำ เหมาะสำหรับประตูเฉลียง ดาดฟ้า หลังบ้าน และห้องทั่วไป

หน้าต่างกรอบโลหะ ลักษณะของหน้าต่างกรอบโลหะจะมีช่องแสงลักษณะแยกส่วนจากวงกบหน้าต่าง วงกบประตู ทุกแบบทุกขนาดผลิตจากเหล็กแผ่น หมายเลข 16-116 มิลลิเมตร เคลือบสารกันสนิมและเคลือบสี อบความร้อนที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส โครงสร้างของรูปตัว C หรือเสากลางตามขนาดมาตรฐาน 2 x 4 นิ้ว โครงสร้างทุกส่วนประกอบได้ง่ายโดยใช้ลิ้มเหล็กที่เตรียมไว้ให้ เพื่อให้ง่ายต่อการขนย้าย ขนส่ง ประหยัดเนื้อที่เก็บสินค้า และยังสะดวกที่จะนำไปใช้งานบนชั้นสูงๆ ขนาดความกว้างของช่องแสง ตามมาตรฐานของประตู-หน้าต่าง บานเปิด หน้าต่างบานเกล็ด แต่ความสูงของช่องแสง มีให้เลือกมาถึง 5 ขนาด คือความสูงที่ 40,50,60,70,80 เซนติเมตร ตามแต่ผู้ใช้หรือสถาปนิกจะเห็นเหมาะสม ช่องแสงทุกแบบทุกขนาด สามารถนำไปใช้งานอิสระอื่นๆ ได้ตามความเหมาะสม

ประตูห้องน้ำห้องส้วม ซึ่งอาจถูกความชื้นถูกน้ำอยู่เสมอนั้น ถ้าทำด้วยไม้เมื่อใช้ไปนานๆ อาจเกิดการผุของไม้ได้ นอกจากจะคอยระวังรักษาทาสีหรือน้ำมันรักษาเนื้อไม้อยู่เสมอๆ ปัจจุบันในประเทศไทย มีบริษัทที่ผลิตประตูและวงกบด้วยพลาสติกประเภทพี.วี.ซี. ออกจำหน่าย รวมทั้งทำวงกบ พี.วี.ซี. ด้วยเพื่อแก้ปัญหาประตูผุในห้องน้ำห้องส้วม รายละเอียดและข้อมูลของประตู พี.วี.ซี. และวงกบ พี.วี.ซี. มีดังนี้

วงกบพี.วี.ซี ขนาด 2 x 4 นิ้ว สีน้ำตาลเข้ม

ประตู พี.วี.ซี. มีเฉพาะสีครีมและสีเทาอ่อน ขนาดกว้าง 70 เซนติเมตร สูง 200 เซนติเมตร หนา 38.1 มิลลิเมตร และขนาดกว้าง 70 เซนติเมตร สูง 180 เซนติเมตร หนา 38.1 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีทั้งประตูชนิดเรียบตัน และชนิดที่มีช่องระบายเป็นบานเกล็ดบางตอน ราคาประตูแบบเรียบบานละ 1,700 บาท ราคาแบบมีช่องลมบานละ 1,900 บาท (ขนาด 70 x 200 เซนติเมตร) และ ราควงกบ 600 บาท

7 โครงสร้างหลังคาสำเร็จรูป

โครงหลังคาสำเร็จรูปนั้นในปัจจุบันมีผลิตเป็นโครงเหล็กมากมายหลายบริษัท เหมาะสำหรับทำหลังคาโรงงาน ซึ่งเบาและสามารถติดตั้งได้โดยรวดเร็ว

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 6 เครื่องทุ่นแรงและการติดตั้ง

เครื่องจักรสำหรับงานขุด

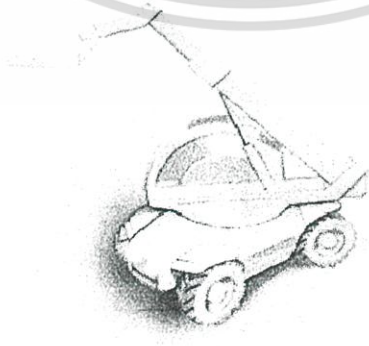
งานดินนับได้ว่าเป็นงานขั้นแรกของงานก่อสร้างทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นงานอาคาร ขุดคลอง ถนน ฯลฯ งานดินเริ่มจากการขุด ขนย้ายดิน ถม ปรับพื้นที่ และการบดอัด ในแต่ละขั้นตอนมีเครื่องจักรที่ใช้แตกต่างกันออกไป การเลือกชนิดของเครื่องจักรให้เหมาะสมกับขนาดและลักษณะของงานเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง

งานขุดเป็นงานขั้นแรก เครื่องจักรที่ใช้มีอยู่มากมายหลายแบบ หลายขนาด ต้องเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1. Power Shovel

เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับงานขุด สามารถใช้ได้ดีกับดินในทุกสภาพยกเว้นพวกหินแข็ง (Solid rock) ติดตั้งได้กับรถสายพาน (Crawler) ดังภาพที่ ข20 และรถล้อยาง (Wheel-Mounted) ดังภาพที่ ข21 แบบแรกเหมาะสำหรับงานขุดบนดินอ่อน แบบหลังเหมาะสำหรับงานบนดินที่ค่อนข้างแข็ง มีความคล่องตัวกว่า ปกติจะมีราคาสูงกว่าแบบแรก

ภาพที่ ข20 แสดง Wheel-Mounted Power Shovel



ภาพที่ ข21 แสดง Crawer-Mounted Power Shovel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

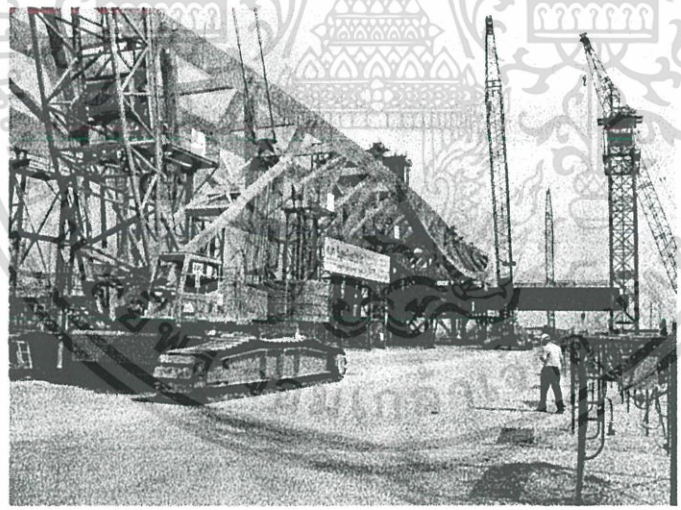
ขนาดของ Power Shovel วัดจากปริมาตรของตัวขุด (Dipper) เป็นลูกบาศก์หลา ขนาดมาตรฐานที่ใช้กันอยู่มี 3/8, ½, ¾, 1, 1 ¼, 1 ½, 2 และ 2 ½ ลบ.หลา ในการเลือกขนาดของ Shovel ต้องพิจารณาถึงสิ่งสำคัญ 2 ประการ คือ ราคาของวัสดุที่ขุดต่อปริมาตร และลักษณะของงานที่จะขุด

2. Draglines

เป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งสำหรับขุดเช่นเดียวกับ Power Shovel แต่มีข้อได้เปรียบกว่าคือ ไม่ต้องลงไปในบ่อขุดเหมือน Power Shovel สามารถจอดบนตลิ่งแล้ว ใช้ก้าน (Boom) ที่ยาวกว่าขุดดินในบ่อได้ ซึ่งสะดวกและเหมาะมากสำหรับงานขุดคลอง บ่อ เป็นต้น ขนาดของ Draglines วัดจากปริมาตรของถังขุดดิน (Bucket) เป็น ลบ.หลา แต่มีข้อเสียเปรียบคือ ปริมาตรดินขุดจะได้น้อยกว่า Power Shovel ประมาณ 20-25% ที่ขนาดเดียวกัน

Draglines แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท

- Crawler-Mounted
- Whell-Mounted
- Truck-Mounted
- Walking



ภาพที่ ข22 แสดง Crawler-mounted

แบบ Crawler-mounted ดังภาพที่ ข22 ใช้ได้ดีกับงานขุดดินบนดินอ่อน แต่มีข้อเสียที่เคลื่อนตัวได้ช้า ถ้าจำเป็นต้องเคลื่อนย้ายดินไปไกลๆ จำเป็นต้องมีรถขนดินมาช่วย Truck-mounted นั้น มีความคล่องตัวกว่าเหมาะกับดินที่ค่อนข้างแข็ง (Firm) ส่วนแบบ Walking มีลักษณะคล้าย Crawer-Mounted ใช้ได้ดีกับดินอ่อนต้องการ Bearing Pressure เพียง 4-10 ปอนด์/ตร.นิ้ว เท่านั้น โดยปกติจะมีขนาดใหญ่กว่า ก้านยาว (Long boom) ทำให้สามารถทำงานได้ในบริเวณกว้าง ขนาดของ Bucker ที่ใช้มีตั้งแต่ 1 ¼ - 2 ½ ลบ.หลา และส่วนประกอบต่างๆ ของ draglines

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Clamshells

เหมาะสำหรับขุดดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น เช่น ทราย กรวด หิน ถ่านหิน เป็นต้น ใช้ได้ดีกับการขุดตักในแนวดิ่งจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง Clamshell Bucker มีด้วยกันหลายขนาดและความแข็งแรงต่างกัน ขึ้นกับลักษณะของงาน

4. Hoes

Hoe เป็นอุปกรณ์ขุดอีกชนิดหนึ่ง ปกติใช้กับ Power shovel ซึ่งมีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น Hoe, Back, Back hoe, Back Shovel Hoe เหมาะสมสำหรับขุดร่อง คู ทั้งนี้เพราะไม่ต้องการตลิ่ง (Shoring) สามารถถอยหลังแล้วใช้ Dipper ซึ่งอยู่ทางด้านหน้าขุด และมีความแข็งแรงกว่า Dragline และให้ความลึกที่แน่นอนรวดเร็ว ฟันของ Dipper แข็งแรงกว่า Power Shovel ตั้งแต่ 3/8 – 1 ลบ.หลา

เครื่องจักรสำหรับงานขนย้าย

เครื่องจักรที่ใช้สำหรับขนบรรทุกดิน ที่ใช้กันโดยทั่วไป คือ รถบรรทุก (Truck) ซึ่งมีอยู่มากมายหลายขนาด ต้องเลือกให้เหมาะสมกับวัสดุที่จะบรรทุก และปริมาณการบรรทุก นอกจากการขนย้ายดินแล้ว ยังต้องมีการเกลี่ย ปรับพื้นที่-ติดตามมาด้วย ซึ่งก็มีเครื่องจักรอีกต่างหากได้แก่ พวก Tractor, Bulldozer ซึ่งจะกล่าวต่อไป

1. Truck

เป็นชนิดที่นิยมใช้ขนดินมากที่สุด เพราะมีความเร็วสูง บรรทุกได้มาก และราคาย่อมเยา ขนได้ทุกชนิด Truck แบ่งออกได้หลายชนิด แล้วแต่ลักษณะการจำแนกดังนี้ คือ

- ชนิดของเครื่องยนต์
- จำนวนเกียร์
- จำนวนเพลา
- วิธีการถ่ายน้ำหนักบรรทุก
- น้ำหนักบรรทุก

ในที่นี้จะกล่าแยกตามวิธีถ่ายน้ำหนักบรรทุกเท่านั้น

1.1 Rear-dump trucks ใช้ขนวัสดุได้หลายประเภท ปกตินิยมใช้ขนพวกดินเหนียว หรือ วัสดุที่คล้ายคลึงกัน เพราะดินเหนียวไหลได้ดีและสะดวกในการถ่าย โดยจะเทวัสดุลงทางด้านท้ายรถ

1.2 Bottom-Dump Wagon เหมาะสำหรับขนพวกทราย หิน กรวด และไม่เสียเวลาในการถ่ายลง เพราะสามารถขับเคลื่อนไปได้ในขณะถ่าย เหมาะสำหรับงานถมดินเป็นชั้นๆ (Layer) เช่น งานถนน สนามบิน ซึ่งต้องการดินถมเป็นปริมาณมาก และรักษาให้อยู่ในสภาพดี ดินเหล่านี้ถูกขุดมาโดย Shovel; Draglines ดังที่กล่าวมาแล้ว ข้อเสียของรถประเภทนี้ คือ ช่องเปิดเท (Opening) มีขนาดจำกัด จึงไม่เหมาะนำมาขนพวกดินเหนียวเปียก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Tractor

Tractor หรือรถไถ เป็นเครื่องจักรที่ใช้สำหรับผลักดัน (Pushing) มีกำลังสูงใช้สำหรับปรับพื้นที่ (Clearing)

แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ แบบล้อยาง (Whell Tractor) และแบบสายพาน (Crawler Tractor) ข้อได้เปรียบเสียเปรียบของ 2 ประเภทนี้มีดังนี้คือ

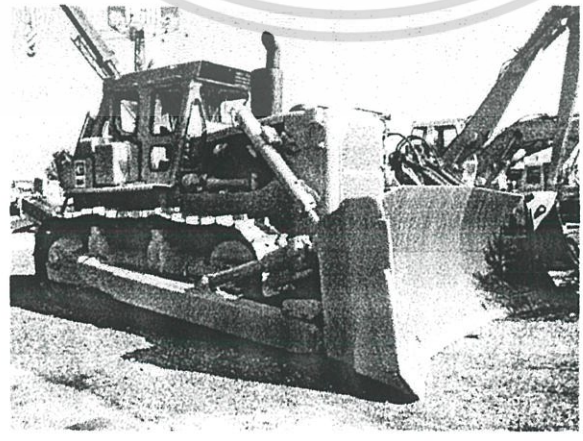
- แบบล้อยางมีความคล่องตัวกว่า รวดเร็วกว่า
- แบบล้อยางไม่เหมาะกับดินที่อ่อน มักจะ Slip ในขณะเร่งเครื่อง
- แบบสายพานให้กำลังสูงกว่าเหมาะสำหรับใช้งานหนัก แต่มีราคาสูงกว่า
- การขนย้ายในทางไกลแบบสายพานต้องอาศัยรถ Trailer ช่วยขน ส่วนแบบล้อยางสามารถขับเคลื่อนไปเองได้
- แบบสายพานอาจทำความเสียหายต่อผิวถนนได้ถ้ามิได้ใส่อุปกรณ์พิเศษเพื่อป้องกันไว้
- การซ่อมแซมบำรุงรักษาแบบสายพานยุ่งยากกว่าแบบล้อยาง

3. Tractor-Pucced Scraper

Scraper เป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งใช้ลากติดกับ Tractor ทั้ง 2 แบบ ได้เป็นเครื่องจักรที่สามารถขุด-บรรทุก และก่ายดินลงได้เองโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องจักรอื่นช่วย นับเป็นเครื่องจักรที่ประหยัดมากสำหรับงานดิน แต่มีข้อจำกัดไม่สามารถขุดลึกได้ งานที่ต้องขุดดินจากบ่อดินลึกๆ ต้องใช้พวก Shovel กับ Truck ข้อได้เปรียบเสียเปรียบของ Crawler-Tractor Scraper และ Whell-Tractor Scraper ก็เช่นเดียวกับ Tractor ที่กล่าวมาแล้ว

4. Bulldozer

เป็นเครื่องจักรที่ใช้ดันเป็นเหล็ก (Pushing) ประกอบด้วยใบพายขนาดใหญ่ (Blade) ติดอยู่กับ Tractor ทั้ง 2 ชนิดสามารถบังคับขึ้นลงได้ด้วย Code หรือ Hydraulic การติดตั้งใบพายอาจจะติดตั้งฉากหรือทำมุมกับทิศทางเคลื่อนที่ โดยแบบแรกใช้สำหรับดันดินไปข้างหน้า ส่วนแบบหลังใช้ผลักดันออกทางด้านข้าง ดังภาพที่ ข23



ภาพที่ ข23 แสดง Crawler-Tractor-Mounted Bulldozer

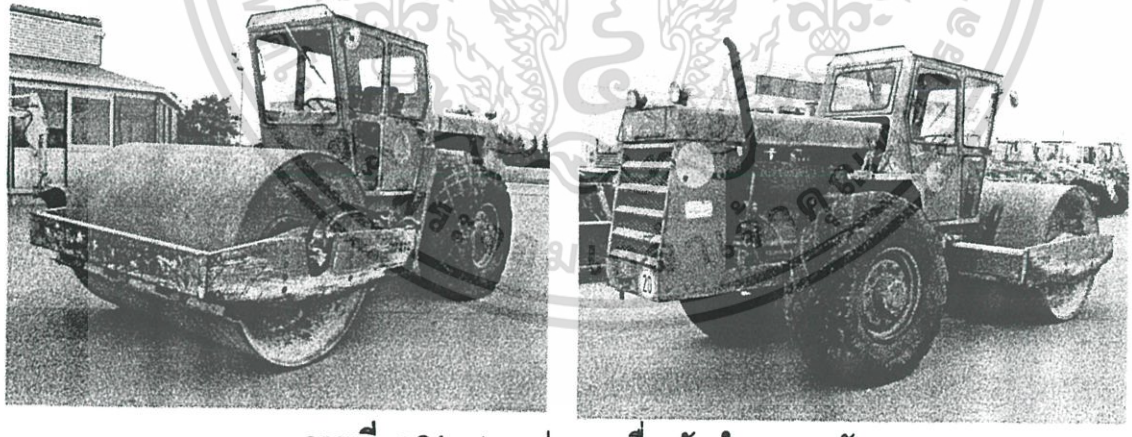
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจักรในการบดอัด

การบดอัดแน่นเป็นงานขั้นสุดท้ายมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะงานถนน, Embankment, Runway ฯลฯ อายุใช้งานจะคงทนมากน้อยขึ้นอยู่กับการบดอัดได้ถูกต้องตามที่ระบุไว้หรือไม่ เครื่องจักรที่ใช้กับงานนี้มีอยู่หลายชนิด ขึ้นกับลักษณะของดินและพลังงานที่ใส่ให้กับดิน ประเภทของเครื่องบดอัดแบ่งออกได้ดังนี้

- Plain Steel
- Sheep Foot (ตีนแกะ)
- Plain Steel Vibratory
- Vibratory Sheepfoot
- Vibratory Plate
- Pneumatic Tyred

Plain Steel Roller ใช้ได้กับดินทั่วไปที่ไม่ต้องการการบดอัดมากนัก เช่น งานถนน เป็นต้น Sheepfoot เหมาะกับการบดอัดที่ต้องการความแน่นสูง และเป็นขั้นๆ (Layers) ของดินเหนียวที่มีความซึมได้ต่ำ Vibrator เหมาะกับดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น(Granular Soil) Pneumatic Tyred ใช้ได้ดีกับดินทุกประเภท เช่น ทราย, กรวด, ทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว ทั้งนี้เพราะล้อยางช่วยบดอัดได้ดี โดยให้พลังงานทั้งน้ำหนักกด (Static Load) การนวด (Kneading) และความสั่นสะเทือน (Vibration) ในขณะเดียวกัน ดังภาพที่ ข24



ภาพที่ ข24 แสดงรูปแบบเครื่องจักรในการบดอัด

การวางแผนงานสำหรับเครื่องจักงานดิน

ดังได้กล่าวมาแล้วอุปกรณ์ที่ใช้ในดินมีอยู่มาก แต่ละชนิดต่างก็มีลักษณะพิเศษเฉพาะตัว ขั้นตอนของงานดินตั้งแต่งานขุด ขนย้าย ถม ปรับพื้นที่และการบดอัด เป็นวงจรที่ต่อเนื่องกัน ฉะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกชนิดและขนาดของเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนต้องให้สอดคล้องกัน (matching) เพื่อให้งานมีประสิทธิภาพสูงสุด บรรลุเป้าหมายโดยเสียเวลาและค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

ปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณามีดังนี้

- สภาพของดิน
- สภาพภูมิประเทศ
- สภาพภูมิอากาศ
- ปริมาณงานและระยะเวลา
- ราคาและอายุใช้งานของเครื่องจักร
- ความยากง่ายในการซ่อมบำรุงรักษา
- ความสามารถการจัดหาอะไหล่

ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จะต้องนำมาพิจารณาให้ถี่ถ้วน เพื่อหาชนิด ขนาด และจำนวนของเครื่องจักรที่เหมาะสม

1. **รถแทรกเตอร์** (Tractor)

เป็นรถที่ขับเคลื่อนด้วยตัวเอง มีทั้งชนิดที่เป็นล้อยางและตีนตะขาบ ใช้กับงานปรับพื้นที่ ดันดิน ถางป่า โคนต้นไม้ โดยมีอุปกรณ์หรือใบมีดติดไว้ตรงส่วนหน้าเพื่อใช้ปฏิบัติงานต่างๆ ซึ่งเรียกว่า Dozer หรือ Bulldozer นอกจากนี้รถแทรกเตอร์ยังใช้กับงานอื่นๆ เช่น ลากจูงอุปกรณ์บดถนน ลากจูงรถขูดหรือ รถไสดิน และอาจจะเปลี่ยนอุปกรณ์ประกอบตรงส่วนหน้าเป็นอุปกรณ์สำหรับตักหรือขุดดินก็ได้

รถแทรกเตอร์ชนิดตีนตะขาบเหมาะสำหรับใช้กับงานโดยทั่วไป และเหมาะกับพื้นดินที่มีความต้านทานไม่/ มากนัก (ประมาณ 6-9 ปอนด์/ตารางนิ้ว) จึงสามารถขับเคลื่อนไปได้โดยสะดวกแทบทุกท้องที่และสามารถนำไปใช้บนพื้นดินที่ลาดเอียงถึง 45 องศาได้ด้วย แต่ถ้านำไปใช้งานในระยะไกลๆ แล้ว ควรบรรทุกไปบนรถบรรทุก จะเป็นการสะดวกและประหยัดกว่า ส่วนรถแทรกเตอร์แบบล้อยางนั้นวิ่งไปได้เร็วกว่า แต่ไม่เหมาะสำหรับพื้นดินที่อ่อนๆ การใช้งานก็เช่นเดียวกันกับรถตีนตะขาบ รถล้อยางนี้มีทั้งที่เป็นสองล้อและสี่ล้อ ชนิดสองล้อจะใช้เป็นรถลากจูงเครื่องมือชนิดอื่นๆ เช่น ลากจูงเครื่องมือบดอัดถนน ลากจูงรถขูดหรือรถไสดิน เป็นต้น

ใบมีดที่เป็นอุปกรณ์ติดกับรถแทรกเตอร์มีอยู่ด้วยกัน 4 แบบ คือ

1. แบบเหยียดตรง (Straight Blade) ใบมีดแบบนี้ใช้สำหรับงานปรับพื้นที่ทั่วไปหรือใช้เคลื่อนย้ายดิน ดันดินในระยะทางสั้นๆ

2. แบบเหลี่ยม (Angle Blade) ใช้งานเช่นเดียวกับใบมีดแบบเหยียดตรง แต่จะเหมาะมากกับงานกลมหลุม กลบท้องร่อง กลบคูคลองหรือตักดินตามไหล่เขา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบทั่วไป (Universal Blade) ใช้กับงานเคลื่อนย้ายวัสดุ เช่น ดิน หิน กรวด ทราย โดยขนย้ายไปได้ครั้งละมากๆ และสามารถนำไปได้ในระยะไกลๆ อีกด้วย

4. แบบรองรับน้ำหนัก (Cushion Blade) ใบมีดแบบนี้ใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบสำหรับการผลักหรือลากจูงเครื่องมือชนิดอื่นๆ โดยมีระบบป้องกันการสั่นสะเทือนหรือระบบป้องกันการสึกหรอ และนำมาใช้กับงานปรับพื้นที่บริเวณได้อีกด้วย

2. **รถขูดหรือรถไส** (Scraper)

ใช้สำหรับไสดินหรือตักดิน และบรรทุกดินที่ได้จากการไสหรือการตักนั้นไปเทยังตำแหน่งที่ต้องการปกติจะลากจูงด้วยรถล้อยางที่ใช้กับรถไสโดยเฉพาะ หรือลากจูงด้วยรถแทรกเตอร์ล้อยางก็ได้

3. **เครื่องมือเกี่ยวกับการบดอัด** (Compaction)

การบดอัดดินเป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่จะเพิ่มความหนาแน่นหรือความต้านทานของดินขึ้นโดยพยายามไม่ให้มีช่องว่างของอากาศแทรกอยู่ และขับไล่น้ำให้ออกไปจากช่องว่างเหล่านั้น เพื่อให้พื้นดินเกิดความมั่นคงสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น ซึ่งถ้าปล่อยให้เป็นไปตามธรรมชาติแล้ว ต้องใช้เวลาเป็นแรมเดือน แรมปีหรือเป็นระยะเวลาหลายๆ ปีจนกว่าพื้นดินจะแน่น การบดอัดจึงมีความต้องการให้ดินเกิดความมั่นคงแข็งแรงในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ฉะนั้น การบดอัดดินต้องกระทำให้บังเกิดผลดังต่อไปนี้ คือ

1. เพิ่มความแข็งแรงของดินให้สามารถรับแรงได้ตามความประสงค์
2. มีการยุบตัวของดินน้อยมาก
3. มีการเปลี่ยนลักษณะและมีปริมาตรของดินเพิ่มขึ้น
4. ลดการซึมของน้ำ หรือน้ำซึมเข้าไปได้น้อยลงกว่าแต่ก่อน

การบดอัดดินให้บังเกิดผลดังกล่าวข้างต้นได้นั้น จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการบดอัดดินโดยทั่วไปแล้วแบ่งออกเป็น 6 ประเภท คือ

1. ลูกกลิ้งแบบกระทุ้ง (Tamping Foot Rollers) ลูกกลิ้งแบบนี้จัดอยู่ประเภทเดียวกันกับลูกกลิ้งแบบตีนแกะ (Sheepsfoot Roller) ใช้ร่วมกับเครื่องมือบดแบบอื่น ส่วนที่ยื่นออกมาจากลูกกลิ้งโดยรอบนั้นมีผลต่อการบดอัดดินเป็นอันมาก เพราะทำหน้าที่กระทุ้งให้แน่น และทำให้ดินเกิดการแยกตัวออกจากก้อนอีกด้วย

2. ลูกกลิ้งแบบตาข่าย (Grid or Mesh Rollers) การบดอัดดินของลูกกลิ้งแบบนี้ไม่สามารถทำให้ดินเกิดการแยกตัวได้ดีเท่าลูกกลิ้งแบบกระทุ้ง เหมาะสำหรับการบดอัดที่มุ่งหวังให้ดินเกิดการทรุดตัว สามารถใช้บดอัดดินได้ด้วย

3. เครื่องสั่นสะเทือน (Vibratory Compactors) มีหลายชนิดหลายขนาด ตั้งแต่ชนิดที่เป็นเครื่องใช้มือเข็น จนกระทั่งเป็นรถขับเคลื่อนขนาดใหญ่ เป็นเครื่องมือที่ให้ผลในการบดอัดได้ดี ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับขนาดและความถี่ของการสั่นสะเทือนด้วย เหมาะกับการบดอัดดินที่มีความชื้นหรือดินที่ค่อนข้างแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ลูกกลิ้งเหล็กเรียบ (Smooth Steel Drums) เป็นเครื่องมือที่ใช้กับการบดโดยทั่วไป ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมาก ใช้สำหรับการบดอัดพื้นผิวชั้นสุดท้ายก่อนที่จะลาดยางมะตอย

5. ลูกกลิ้งลม (Pneumatic Rollers) ใช้สำหรับการบดอัดชั้นพื้นดินที่เทไว้หนาๆ และพื้นดินที่มีความหนาแน่นสูง ปกติจะใช้สำหรับการบดอัดพื้นผิวครั้งสุดท้ายก่อนที่จะลาดยางมะตอย หรือบดอัดทับพื้นผิวที่ลาดยางมะตอยไปแล้วก็ได้

6. ลูกกลิ้งปล้องหรือลูกกลิ้งแบบเป็นข้อ (Segmented Pad Rollers) ใช้งานเช่นเดียวกับลูกกลิ้งตีนแก แต่สามารถขับเคลื่อนไปได้ด้วยตัวเองเป็นส่วนมาก ซึ่งถ้าเป็นลูกกลิ้งแบบกระทุ้งหรือแบบตีนแกะแล้วจะใช้รถแทรกเตอร์เป็นตัวลากจูง การบดอัดดินได้ผลดีไม่เท่ากับลูกกลิ้งตีนแกะ เพราะทำให้ดินแยกตัวได้น้อยกว่านั่นเอง

4. **รถเกลี่ยดิน** (Grader)

เป็นรถที่ใช้เกลี่ยปรับแต่งผิวดิน ส่วนมากจะใช้กับงานทำถนน การเกลี่ยปรับผิวดินนี้เป็นขั้นตอนทำงานหลังจากการขุดแต่งและบดอัดดินในขั้นแรกๆ ใบมีดที่ใช้เกลี่ยดินจะติดไว้ใต้ท้องรถตอนช่วงกลางและสามารถจะปรับหันทิศทางได้ตามตำแหน่งที่ต้องการ

นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือที่ใช้กับงานในสนามอีกหลายชนิด เช่น เครื่องผสมคอนกรีต รถผสมคอนกรีต รถขนส่งคอนกรีต เครื่องสูบคอนกรีต เครื่องปาดหน้าคอนกรีต รถพ่นยางมะตอย รถผสมยางมะตอย รถน้ำ รถเทท้าย รถลากจูง รถยกของ รถบริการ เครื่องตบดิน เครื่องสูบน้ำ เครื่องปั่นไฟ เครื่องเจาะและย่อยหิน เครื่องเป่าลมในงานทำถนนลาดยาง เป็นต้น

เครื่องมือที่กล่าวมาเพียงย่อๆ นี้ ล้วนเป็นเครื่องมือหนักที่ใช้กับงานในสนามเป็นส่วนใหญ่ เป็นเครื่องมือที่มีราคาสูง จึงต้องรู้จักการใช้ การบำรุงรักษา และต้องพิจารณาให้รอบคอบอย่างยิ่งก่อนจะตัดสินใจซื้อมาไว้ในครอบครอง เพราะเนื่องจากต้องมีค่าใช้จ่ายต่างๆ เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือชนิดนั้นๆ และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตามกรณีดังกล่าวนี้โดยทั่วไปแล้วจะคิดเป็นราคาต้นทุนของการดำเนินงานก่อสร้างในแต่ละงานด้วย

เครื่องบดอัด

การบดอัดก็คือการใช้แรงกดลงบนวัสดุเพื่อทำช่องว่างระหว่างอนุภาคของวัสดุหรือดิน ซึ่งจะเป็นผลให้ความหนาแน่นของวัสดุหรือดินที่ถูกบดอัดเพิ่มขึ้น วิธีการบดอัดดินที่ใช้กัน มี 4 วิธีคือ

1. การบดอัดโดยการกดด้วยน้ำหนัก (Static Weight)
2. การบดอัดโดยการนวด (Kneading Action)
3. การบดอัดโดยการกระแทก (Impact)
4. การบดอัดโดยการสั่นสะเทือน (Vibration)

สำหรับเครื่องบดอัดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะทำหน้าที่ในการบดอัดตามวิธีต่างๆ ข้างต้น หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีหรือมากกว่า จะมีทั้งแบบขับเคลื่อนด้วยตัวเอง แบบลาก และแบบถือ หรือควบคุมการทำงานด้วยมือ ซึ่งมีชื่อเรียกตามลักษณะการทำงานและตามลักษณะรูปร่างคือ เครื่องบดอัดล้อเหล็กแบบไม่สั่นสะเทือน (Steel Wheel Static Roller) เครื่องบดอัดล้อยาง (Pneumatic – Tired Roller) เครื่องบดอัดตีนแกะ (Sneepfoot or Padfoot Roller) เครื่องบดอัดแบบกระแทก (Impact Compactor) และเครื่องบดอัดแบบสั่นสะเทือน (Vibratory Compactor)

เครื่องบดอัดล้อเหล็กแบบไม่สั่นสะเทือน

เครื่องบดอัดแบบนี้จะใช้การบดอัดโดยวิธีการกดด้วยน้ำหนักของลูกกลิ้งเหล็กผิวเรียบลักษณะทรงกระบอก เครื่องบดอัดล้อเหล็กจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดลาก (Towed Type) และ ชนิดขับเคลื่อนด้วยตัวเอง (Self Propelled Type) เครื่องบดเหล็กชนิดลากจะประกอบด้วยลูกกลิ้งผิวเรียบมีเพลาที่รองรับที่ปลายทั้งสองด้วยแบริ่งที่ยึดติดกับโครงที่ใช้ในการลาก โดยโครงลากจะทำที่ไว้ใส่น้ำหนักถ่วง ในกรณีที่ต้องการแรงในการบดอัดสูงด้วย ส่วนเครื่องบดอัดชนิดขับเคลื่อนด้วยตัวเองหรือรถบดอัดล้อเหล็กจะมีทั้งแบบ 3 ล้อ (Three-Wheel Roller) และแบบ 2 ล้อ ในแนวเดียวกัน (Tandem Roller) เป็นรถบดล้อเหล็กแบบ 3 ล้อ มีขนาดน้ำหนักตั้งแต่ 5-15 ตัน โดยล้อหน้าจะเป็นล้อเดี่ยว ส่วนล้อหลังจะเป็นล้อคู่ที่ขนาดใหญ่กว่าล้อหน้า ส่วนประกอบที่สำคัญก็จะประกอบด้วยเครื่องยนต์โดยทั่วไปจะเป็นเครื่องยนต์ดีเซล และระบบถ่ายทอดกำลังซึ่งอาจเป็นแบบใช้คลัตช์

เครื่องชั่งส่วนผสมคอนกรีต

งานก่อสร้างขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้คอนกรีตจำนวนมาก ความแข็งแรง หรือความสามารถรับแรงอัดของคอนกรีตเป็นสิ่งสำคัญ เป็นผลมาจากการใช้ส่วนผสมของมวลหยาบ ได้แก่ หิน และมวลละเอียด ได้แก่ ทราย ผสมผสานเป็นตัวเชื่อมแน่น คือ ซีเมนต์ โดยทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำที่ได้สัดส่วนกันอย่างพอเหมาะ ขั้นตอนของงานคอนกรีตประกอบด้วย การเตรียมส่วนผสมทั้งหมดที่ได้กล่าวมาแล้ว การผสมคอนกรีตและการขนส่ง การควบคุมคุณภาพเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับงานคอนกรีต ฉะนั้นในแต่ละขั้นตอนต้องเลือกเครื่องจักรให้ถูกต้องเหมาะสม

เพื่อที่จะให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีตามต้องการ ต้องควบคุมปริมาณของวัสดุที่ใช้แต่ละชนิด ซึ่งเรียกว่า Batching การหาปริมาณของส่วนผสมนี้อาจวัดโดยปริมาตรหรือโดยน้ำหนักการวัดโดยปริมาตรนั้นไม่ค่อยแน่นอนสู้การวัดโดยน้ำหนักไม่ได้ ให้ความถูกต้องมากกว่าและนิยมใช้กันโดยทั่วไป

1. **เครื่องชั่งมวลผสม**

งานขนาดใหญ่บางครั้งอาจต้องใช้มวลผสม (Aggregate) หลายขนาด มีตั้งแต่ 2 ขนาด ถึง 6 ขนาด การหาปริมาณของมวลผสมแต่ละขนาดต้องใช้เครื่องมือที่มีความละเอียดเพียงพอ และนี่ก็คือปัจจัยสำคัญของเครื่องชั่งมวลผสมที่เรียกว่า "Batcher"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับงานคอนกรีตขนาดใหญ่แล้ว ต้องมีอุปกรณ์เพิ่มเติมหลายอย่างเพื่อที่จะให้งานเร็วและสะดวกและต่อเนื่อง ตัวอย่างของ Batchor ของงานขนาดใหญ่ ซึ่งจะประกอบด้วย กว้านที่ใช้มอเตอร์หรือ Clamshell สำหรับตักมวลผสม (Aggregate) จากกองมวลผสม (Stockpite) มาใส่ยังถังเก็บที่อยู่ด้านบน มวลผสมจะไหลจากถังเก็บลงมายังกรวยชั่งน้ำหนัก (Weighing Hopper) เพื่อหาปริมาณของมวลผสมแต่ละชนิด แล้วจึงถ่ายลงสู่เครื่องผสมคอนกรีต ความจุของถังเก็บมวลผสมมีตั้งแต่ 3 ถึง 40 ตัน งานใหญ่มากๆ ถังเก็บจะแบ่งออกเป็นหลายช่อง นั้น ถังเก็บแบ่งออกเป็น 3 ช่อง แต่ละช่องบรรทุกมวลผสมได้ ถึง 50 ตัน มวลผสมนี้หลังจากชั่ง (Batching) เรียบร้อยแล้วก็จะถูกถ่ายลงรถบรรทุกหรือรถผสมคอนกรีต (Transitmixer) หรือส่งผ่านรางไปยังเครื่องผสมคอนกรีตต่อไป

2. **เครื่องชั่งซีเมนต์**

ซีเมนต์ที่ใช้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะของการบรรจุ คือ ซีเมนต์ถุงกับ Bulk Cement แบบถุงจะหนักประมาณ 94 ปอนด์ ต้องเก็บในที่ไม่มีความชื้น Bulk Cement คือ ซีเมนต์ที่ส่งมาโดยรถบรรทุกซีเมนต์หรืออาจจะเป็นทางรถไฟ ในแต่ละเที่ยวจะบรรทุกมาเป็นปริมาณมาก ถ่ายเก็บไว้ใน Silo เหมาะสำหรับงานก่อสร้างขนาดใหญ่ นั่นซีเมนต์จะถูกบรรจุไว้ในถัง (Bin) ด้านบนซึ่งมีความจุเท่ากับรถซีเมนต์หนึ่งคัน ซึ่งต้องมี Silo ไว้เก็บซีเมนต์ส่วนที่เหลือ ได้ถึงจะมีกรวยชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ผสมในแต่ละโม่

3. **เครื่องวัดปริมาณน้ำ**

ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตมีผลอย่างมากต่อความแข็งแรงคอนกรีต จึงจำเป็นต้องจัดหาวิธีที่ละเอียดและถูกต้อง หาปริมาณของน้ำผสมกับซีเมนต์ต่อโม่ ปกติเครื่องผสมคอนกรีตจะมีถังวัดน้ำ (Water Measuring Tanks) ซึ่งสามารถปรับปริมาณที่ต้องการได้ติดอยู่เสมอ ถังวัดน้ำนี้ต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องเป็นระยะๆ ตลอดเวลาเพราะเป็นอุปกรณ์ที่ต้องการความถูกต้องสูง เครื่องมือวัดปริมาณน้ำแบบอื่นได้แก่ Water Meters และ Water Weighing Tanks

เครื่องจักรผสมคอนกรีต

ใช้สำหรับผสมคอนกรีตแบ่งออกได้ตามลักษณะของงานดังนี้

1. Construction Mixers

ในสมัยก่อนขนาดเครื่องผสมคอนกรีตจะระบุจากจำนวนถุงของซีเมนต์ที่ใช้ต่อโม่ เช่น 1 ถุง, 2 ถุง ต่อมาใช้ปริมาตรของคอนกรีตที่ผสมแล้วต่อโม่เป็นตัวระบุแทนมีหน่วยเป็น ลบ.ฟุต ขนาดมาตรฐานแบบ Single-Compartment Drum ที่ใช้อยู่มี 3 1/2s 6s 11s 16s 26s 56s 84s และ 112s ตัวเลขข้างหน้าบ่งถึงปริมาตรของคอนกรีตเป็น ลบ.ฟุต อักษร s หมายถึง เครื่องแบบ Construction mixer

สำหรับงานก่อสร้างขนาดใหญ่แล้วต้องการคอนกรีตเป็นปริมาณมาก เช่น งานเขื่อน เป็นต้น มักจะสร้างเป็น Central Mixing Plant ซึ่งประกอบด้วยเครื่องตักมวลผสม เครื่องชั่ง (Batcher) และ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Construction mixer ที่นิยมใช้มีด้วยกัน 4 ขนาด ตั้งแต่ 28s ถึง 112s คอนกรีตที่ผสมแล้วจะถ่ายถัง (Bucker) รถบรรทุกคอนกรีต (Agitator Truck) หรือ Dump Trucks ถ้าเป็นคอนกรีตผสมอากาศ (Air-Entrained Concrete)

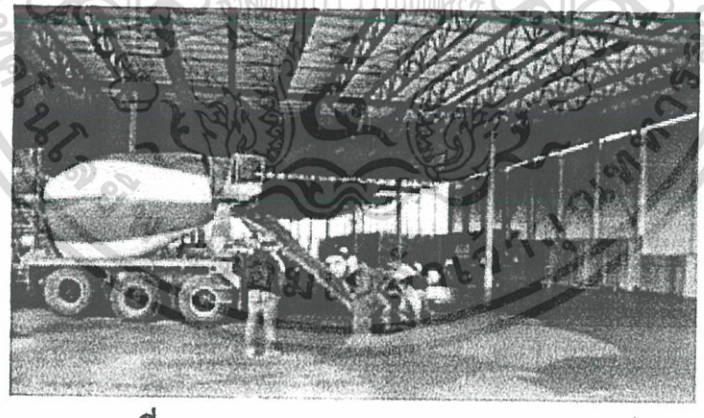
2. Paving Mixers

ใช้คอนกรีตสำหรับงานถนน ทางขึ้นลงของเครื่องบินโดยเฉพาะ โดยติดตั้งอยู่บนรางสามารถเคลื่อนไปได้ขณะเทคอนกรีต ขนาดมาตรฐานแบบ Single Compartment Drum มีแบบ 27E และ 34E แบบ Two-Compartment Drum มีขนาด 16E และ 34E ตัวเลขแสดงถึงปริมาตรของคอนกรีตเป็น ลบ.ฟุต อักษร E แสดงว่าเป็น Paving Mixer

3. Transit Mixer และ Agitator Trucks

ก็คือรถบรรทุกผสมคอนกรีตนั่นเองโดยมีเครื่องผสมคอนกรีตติดอยู่ ข้อแตกต่างของทั้งสองแบบคือ Transit Mixer นั้น มวลผสมรวมทั้งซีเมนต์จะถูกชั่งหาปริมาณ (Batching) มาก่อนจาก Central Batching Plant แต่ยังไม่ได้ผสมกันต้องมาผสมกันใน Mixer หรือในโม่ของรถตลอดทางที่ขน แต่ถ้าคอนกรีตผสมเรียบร้อยมาก่อนแล้ว เพียงแต่ให้โม่หมุนขณะขนส่งเพื่อป้องกันการแยกตัวของคอนกรีต (Segregation) เรียกว่า Agitator ในรูปที่ 6.25 แสดง Transit Mixer ขณะเทคอนกรีตลง

ขนาด Transit Mixer ที่ใช้กันอยู่มีตั้งแต่ 1 – 7 ½ ลบ.หลา ถ้ารถนำมาใช้แบบ Agitator ความจุจะมากกว่าแบบ Transit Mixer เล็กน้อย เพราะว่าคอนกรีตผสมแล้วจะกินเนื้อที่น้อยกว่ามวลผสมยังที่แยกส่วนกัน ดังภาพที่ ข25



ภาพที่ ข25 แสดงTransit Mixer ขณะเทคอนกรีต

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการขนส่งคอนกรีต

การขนส่งคอนกรีตมีด้วยกันหลายวิธี แต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียต่างกันออกไป ต้องเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน ปัจจัยสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณามีอยู่ 3 ประการคือ

- ต้องประหยัด
- ต้องไม่เกิดการแยกตัวของคอนกรีต (Segregation)
- ต้องใช้เวลาน้อยกว่าเวลาคอนกรีตเริ่มแข็งตัว (Initial Setting Time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Hand Buggies เป็นแบบที่ใช้กันอยู่ในงานก่อสร้างทั่วไป มีลักษณะเป็นรถเข็นมีล้อยาง 2 ล้อ กระบะที่ใช้บรรทุกคอนกรีตมีความจุตั้งแต่ 6-11 ลบ.ฟุต รถเข็นแบบนี้มีการทรงตัวดีกว่า Wheel Barrows ที่ใช้บรรทุกมวลผสม

2. Power Buggies เป็นรถขนคอนกรีตขับเคลื่อนด้วยเครื่องมีกระบะอยู่ทางตอนหน้าวิธีนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพขนส่งได้เร็วและสะดวก รถมีความเร็วประมาณ 15 ไมล์/ชั่วโมง สามารถหักหมุนได้ 180 องศา ความจุกระบะมีตั้งแต่ 1/3 – ½ ลบ.หลา

3. Buckets คือ ถังที่ใช้บรรจุคอนกรีต แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ แบบใช้กับ Material Towers กับแบบใช้กับ Power Crane ถังแบบแรกมีขนาดตั้งแต่ 8-36 ลบ.ฟุต แบบหลังมีขนาดตั้งแต่ 1-8 ลบ.หลา ถังนี้เปิดท้ายได้ (Bottom Gate) เพื่อให้คอนกรีตสามารถไหลลงมาในแนวดิ่ง ซึ่งจะช่วยลดการเกิด Segregateion ถังขนาดเล็กใช้แรงคนเปิด (Manual Operated) แต่ถังขนาดใหญ่ใช้เครื่องกลไกควบคุม

สำหรับงานก่อสร้างอาคารสูงๆ สามารถใช้ Bucket ได้ทั้ง 2 แบบ ซึ่งต่างก็มีข้อดี ข้อเสียต่างกันออกไปดังนี้

ข้อดีของ Bucket กับ Crane

- มีความคล่องตัวกว่า
- Crane สามารถใช้ทำงานอื่นๆ ได้อีก
- ค่าประกอบติดตั้งถูกกว่า

ข้อดีของ Bucket กับ Tower

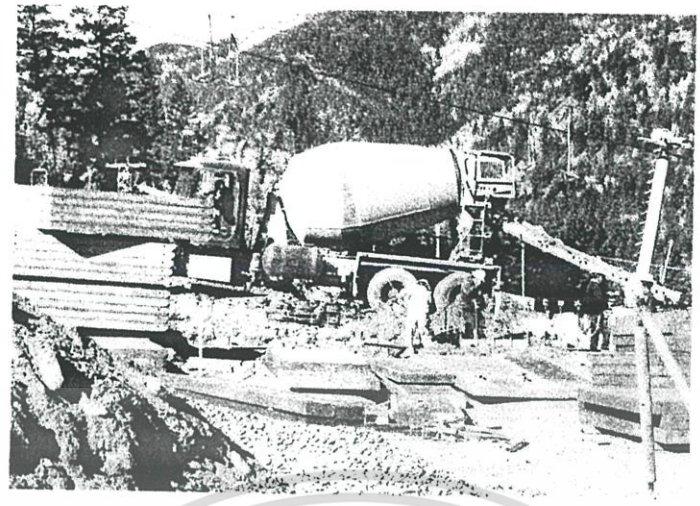
- ต้นทุนของ Tower และอุปกรณ์การยกถูกกว่า
- ไม่กินเนื้อที่

4. Chutes หมายถึงรางเทคอนกรีต มักจะทำด้วยโลหะ ท้องรางกลม (Round Bottom) ความเทของรางต้องพอเพียงให้คอนกรีตไหลได้อย่างสม่ำเสมอ มีข้อเสียมักจะก่อให้เกิด Segregation ได้ง่าย จึงไม่ค่อยนิยมใช้

5. Belt Conveyors เป็นระบบแบบสายพาน ซึ่งวิธีนี้ให้ปริมาณคอนกรีตที่สม่ำเสมอมี Capacity สูง แต่มักจะเกิด Segregation ที่บริเวณปลายท่อปล่อยคอนกรีต ต้องออกแบบอย่างดีเพื่อให้คอนกรีตไหลลงมาในแนวดิ่งเพื่อช่วยลดการเกิด Segregation

6. Transit-Mixer และ Agitator Truck เป็นการขนส่งทางรถบรรทุกดังได้อธิบายมาแล้ว ดังภาพที่ ข26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข26 แสดงTransit mixer

7. Dump Trucks วิธีนี้ใช้ได้กับคอนกรีตผสมอากาศเท่านั้น (Air-Entrained Concrete) คอนกรีตชนิดนี้อนุญาตให้มีปริมาณอากาศได้ 3-6% ของปริมาตรคอนกรีต อากาศเหล่านี้จะแทรกอยู่ในทุกอนุภาคของคอนกรีต ซึ่งจะลดการเกิด Segregation ได้ ไม่จำเป็นต้องปั่นในขณะขนส่ง

8. Concrete Pump วิธีนี้เหมาะสำหรับงานอุโมงค์ หรือในที่ที่ไม่สะดวกในการขนคอนกรีตโดยวิธีอื่นๆ ปกติจะปั๊มผ่านท่อเหล็ก อุปกรณ์หลักประกอบด้วย Storage Hopper ซึ่งมีเครื่องเขย่า (Agitator) ติดอยู่ช่วยป้องกันการเกิด Segregation ติดอยู่บน Single-Action horizontal piston-type pump และท่อเหล็กมีด้วยกัน 3 ขนาด

- แบบสูบเดียว ชนิดมีความจุ 15-20 ลบ.หลาต่อชั่วโมง
- แบบสูบเดี่ยวชนิดมีความจุ 25-33 ลบ.หลาต่อชั่วโมง
- แบบสูบคู่ ชนิดมีความจุ 50-60 ลบ.หลาต่อชั่วโมง

ท่อที่ใช้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 7 และ 8 นิ้ว ขนาดมวลหยาบใหญ่สุดที่สามารถ Pump ผ่านท่อได้ต้องไม่เกิน 3 นิ้ว

การขนส่งโดยวิธีนี้สามารถส่งได้ไกลถึง 1,200 ฟุต ในแนวระดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกำลังของ Pump ขนาดของท่อและความยุบตัวของคอนกรีต (Slump)คอนกรีตที่มีค่าความยุบตัวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสามารถส่งผ่านโดยวิธีนี้ได้หมด แต่ความยุบตัวของคอนกรีตที่เหมาะสมที่สุด คือ 3 นิ้ว

การวางแผนงาน เครื่องมือและอุปกรณ์งานคอนกรีต

งานคอนกรีตเป็นงานที่ต้องทำอย่างต่อเนื่อง นับจากผสมคอนกรีต การขนส่ง และการเทที่สำคัญคือ ต้องแข่งกับเวลาอีกด้วยเพราะต้องเทให้เสร็จก่อนที่คอนกรีตจะเริ่มแข็งตัว ฉะนั้นเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต้องศึกษาถึงข้อดี-ข้อเสียของอุปกรณ์แต่ละชนิดอย่างละเอียด เพื่อเลือกให้เข้ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะ ขนาด และปริมาณของงาน การวางแผนที่ดีต้องสามารถใช้เครื่องจักรทุกตัวอย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยให้เสียค่าใช้จ่ายต่อหน่วยต่ำที่สุด

เครื่อง Air Compressor

ในงานก่อสร้าง เครื่องอัดอากาศมีส่วนช่วยอย่างมาก เพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงไปอย่างเรียบร้อยในเวลาที่เหมาะสม งานที่ต้องใช้เครื่องอัดอากาศมาช่วยได้แก่ งานเจาะหินหรือวัสดุอื่นที่ค่อนข้างแข็ง งานขุดดิน ทำให้ดินร่วนเพื่อการบดอัด ช่วยในการทำงานของเครื่องมือ ขนาดเล็ก งานตอกเสาเข็ม งานดูดน้ำทำความสะอาด และอื่นๆ หน้าที่ของเครื่องอัดอากาศ คือ การส่งแรงดันอากาศเข้าไปช่วยเป็นพลังงานในการทำงานของเครื่องมือกลชนิดต่างๆ ทำให้การทำงานสะดวกและรวดเร็ว เครื่องอัดอากาศจะส่งอากาศที่ถูกอัดไปตามท่อไปยังเครื่องมือกลที่ต้องการจะใช้งาน เครื่องมือจะเปลี่ยนแรงดันของอากาศเป็นการทำงานของเครื่องมือกล ข้อเสียเกี่ยวกับการใช้เครื่องอัดอากาศ คือแรงดันของอากาศที่ถูกส่งไปตามท่อจะเกิดการสูญเสียระหว่างทางและที่ข้อต่อต่างๆ ทำให้เครื่องมือทำงานได้ผลไม่เต็ม 100 เปอร์เซ็นต์

Air Compressor เป็นเครื่องที่ใช้เพิ่มความดันของอากาศโดยการลดปริมาตรและทำให้เกิดแรงดันขึ้นตามต้องการ การเปลี่ยนแรงดันของอากาศจากปกติไปเป็นแรงดันอากาศตามความต้องการนั้นอาจทำได้หลายวิธีคือ

1. Single-Stage Compressor แรงดันอากาศเปลี่ยนแปลงจากธรรมชาติไปจนถึงความดันที่ต้องการโดยการทำงานของเครื่องเพียงครั้งเดียว

2. Two-Stage Compressor ความดันอากาศที่ต้องการจากเครื่องอัดจะเกิดจากการทำงานของเครื่องสองครั้ง คือ ครั้งแรกเครื่องจะเปลี่ยนความดันปกติของอากาศไปเป็นความดันปานกลางในขั้นที่ 2 ความดันปานกลางจะถูกเปลี่ยนไปเป็นความดันที่ต้องการ

3. Multistage Compressor ขั้นตอนในการเกิดความดันตามที่ต้องการมีมากกว่าสองขั้นตอน

Air Compressor แบ่งออกเป็นหลายชนิดตามวิธีการกำเนิดพลังงานของเครื่องมือ ซึ่งได้แก่

1. Reciprocating Compressor เครื่องอัดอากาศโดยใช้ลูกสูบเคลื่อนที่เข้าออกในแม่สูบทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรและเกิดแรงดันขึ้น ลูกสูบที่เคลื่อนที่ อาจทำให้เกิดแรงดันจังหวะเดียวกับการอัดของลูกสูบ หรือ 2 จังหวะ คือ ทั้งจังหวะชักและจังหวะอัดก็ได้ ดังนั้น Compressor นี้จึงสามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1.1 Single Acting Compressor เป็นเครื่องอัดอากาศในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนตัวเข้าเพียงอย่างเดียว

1.2 Double Acting Compressor การอัดอากาศเกิดขึ้นทั้งในจังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนเข้าและเคลื่อนออก ทำให้เกิดแรงอัดทั้ง 2 ด้านของลูกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Rotary Compressor เป็นเครื่องอัดอากาศซึ่งความดันเกิดขึ้นจากลูกสูบที่หมุนอยู่ตลอดเวลา ในปัจจุบันได้มีการค้นคิดต่างๆ เพื่อที่จะปรับปรุง Compressor ชนิดนี้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ข้อดีของ Rotary Compressor เมื่อเปรียบเทียบกับ Reciprocation Compressor ก็คือมีขนาดเล็กกว่า น้ำหนักเบากว่า ให้แรงดันที่สม่ำเสมอ สามารถปรับให้เกิดแรงดันหลายๆ ขนาดได้ตามต้องการ การบำรุงรักษาน้อยและมีอายุการใช้งานที่ยาวกว่า

3. Stationary Compressor ใช้ติดตั้งกับงานที่ต้องการความดันอากาศเป็นระยะเวลานาน ชนิดของเครื่องอัดอาจเป็นชนิด Reciprocating และ Rotary ก็ได้และการทำงานอาจเป็น Single Stage หรือ Multistage ก็ได้เช่นกัน การกำเนิดความดันอากาศอาจเกิดขึ้นจาก Compressor ตัวเดียว หรือมากกว่านั้นก็ได้ แต่ค่าติดตั้งเครื่องอัดอากาศตัวเดียวย่อมถูกกว่าติดตั้งหลายๆ ตัว แต่การติดตั้งเครื่องอัดอากาศได้หลายๆ ขนาดตามต้องการ และในกรณีที่เกิดเครื่องเสียสามารถใช้ตัวอื่นทดแทนกันได้ โดยไม่ต้องหยุดการทำงาน รูปร่างของ Two Stage
Stationary Air Compressor

การให้พลังงานแก่เครื่องอัดอากาศ อาจทำได้หลายวิธีคือ โดยการรับพลังงานจากไอน้ำ มอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์อื่น

4. Portable Compressor เป็นเครื่องอัดอากาศที่ต้องเคลื่อนที่อยู่เสมอในการใช้งาน เพื่อให้งานดำเนินไปได้โดยสะดวกและเหมาะสม เครื่องอาจตั้งอยู่บนล้อยาง ล้อเหล็กหรือล้อเลื่อนอื่นๆ เครื่องอัดอากาศจะได้รับพลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงจะเป็นชนิดเบ็นซินหรือโซล่าก็ได้ และมีทั้งชนิด Single Stage,Two Stage หรือชนิด Rotary

อุปกรณ์ Pumping and Dewatering Equipment

ในงานก่อสร้างปั๊มน้ำเป็นสิ่งจำเป็นอย่างหนึ่งโดยเฉพาะในเมืองที่มีระดับน้ำในดินสูงจะมีน้ำระบายเข้ามาในบริเวณที่ทำงานเสมอ จึงจำเป็นที่จะต้องใช้ปั๊มน้ำเพื่อขจัดปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น หน้าที่ของปั๊มน้ำพอที่จะสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ระบายน้ำออกจากบ่อ อุโมงค์ ฯลฯ
2. ระบายน้ำภายในเขื่อน
3. ใช้ฉีดน้ำและส่งน้ำไปตามท่อ
4. ใช้ส่งน้ำไปยังจุดต่างๆ ที่ต้องใช้น้ำ
5. ทำให้ระดับน้ำในดินลดลงเพื่องานขุดดิน
6. ใช้ระบายน้ำจากหลุมที่จะต้องเทฐานราก

หน้าที่ของปั๊มน้ำอาจมีมากกว่าที่กล่าวมาแล้ง โดยทั่วไปในงานก่อสร้างงานหนึ่ง ๆ จำเป็นต้องใช้ปั๊มน้ำหลายตัวในงานต่างๆ กัน เช่น ในการสูบน้ำที่ลึกมากๆ ปั๊มตัวเดียวอาจทำงานได้สูงไม่พอ จำเป็นต้องทำบ่อน้ำในระหว่างทางเพื่อถ่ายทอดไปยังจุดปลายทางในงานสูบน้ำที่มีโคลน ทราย หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งปฏิกูลปนอยู่ ปั๊มน้ำอาจต้องทำงานหนักเป็นพิเศษเพื่อระบายสิ่งเหล่านี้ ปริมาณน้ำที่สูบได้อาจจะต่างกันได้เป็น 100% เนื่องจากลักษณะของน้ำไม่เหมือนกัน ดังนั้น ปั๊มน้ำซึ่งเป็นที่นิยมในงานก่อสร้างจะต้องสามารถทำงานได้ในทุกรูปแบบมีราคาพอสมควรอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้กับปั๊มน้ำจะต้องไม่แพงนัก ค่าดำเนินการ เช่น ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง หรือ ค่าไฟฟ้าต่ำ ควบคุมการทำงานง่ายและไม่เสียบ่อย ในงานก่อสร้างบางชนิด ปั๊มน้ำอาจมีความสำคัญเป็นอันดับหนึ่งก็ได้ เช่น ในงานก่อสร้างเขื่อนดิน เป็นต้น ปั๊มน้ำมีความจำเป็นต้องใช้ดูดน้ำจาแหล่งใกล้เคียงเพื่อผสมคอนกรีต ล้างหิน บ่มคอนกรีต และทำให้ดินชื้น หากผู้ดำเนินการก่อสร้างใช้ปั๊มน้ำไม่เพียงพออาจทำให้เกิดการเสียหายได้

ชนิดของปั๊ม

ในงานก่อสร้าง ปั๊มน้ำสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. Displacemtnt Pump

1.1 Reciprocating Pumps ซึ่งทำงานได้โดยการเคลื่อนตัวเข้าออกของลูกสูบดังนี้ เมื่อลูกสูบเคลื่อนตัวไปทางใดทางหนึ่ง น้ำที่อยู่ด้านหน้าของลูกสูบจะถูกผลักออกไปจากแม่สูบในขณะเดียวกันน้ำที่อยู่ด้านหลังจะวิ่งเข้ามาแทนที่ การที่น้ำถูกดันออกไปในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ไปทางใดทางหนึ่ง ปั๊มชนิดนั้นจะถูกเรียกว่า Single Actin Pump แต่ถ้าหาน้ำถูกดันออกในขณะลูกสูบเคลื่อนที่เข้าและออก ปั๊มชนิดนั้นเรียกว่า Douple Actin Pump นอกจากนี้ปั๊มยังสามารถประกอบด้วยลูกสูบมากกว่า 1 ลูก เช่น 2 ลูก และ 3 ลูก ซึ่งเรานิยมเรียกกันว่าปั๊มชนิดสองสูบหรือปั๊มชนิดสามสูบ

ความสามารถในการทำงานของ Reciprocating Pump ขึ้นอยู่กับความเร็วของลูกสูบที่ชักเข้าออก ความแตกต่างของระดับน้ำ (Head) ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ในระหว่างลูกสูบเคลื่อนที่เข้าออกนั้นในจังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ออกน้ำจะถูกดูดเข้าเครื่องทำให้น้ำที่พ่นออกจากเครื่องขาดจังหวะไป ซึ่งเราเรียกจังหวะนี้ว่า “Pulsation” การไหลของน้ำจะขาดเป็นช่วงๆ ซึ่งเราสามารถแก้ Pulsation ได้โดยใช้เครื่องที่มีหลายๆ สูบ

ข้อดีของ Reciprocating Pump

1. สามารถดูดและพ่นน้ำอย่างสม่ำเสมอถึงแม้ว่าปลายทั้ง 2 ข้างของเครื่อง (Head) จะมีระดับแตกต่างกันไป

2. ถ้าความเร็วของลูกสูบที่ชักเข้าออกเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของเครื่องจะดีขึ้น

3. มีประสิทธิภาพในการทำงานดีกว่าเครื่องชนิดอื่นขนาดเดียวกัน

4. สามารถใช้งานได้ง่าย

ข้อเสียของ Reciprocation Pump **คือ**

1. มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก
2. เครื่องชำรุดได้ง่ายถ้าไปดูดน้ำสกปรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มี Pulsation ในขณะที่เครื่องพ่นน้ำออกมา

4. ถ้าจุดที่ดูดน้ำและจุดที่พ่นน้ำออกมีระดับ (Head) แตกต่างกันมาก เครื่องอาจเสียหายได้ง่าย

1.2 Diaphragm Pump จะเห็นว่าตรงกลางเครื่องจะมีลิ้นซึ่งเลื่อนขึ้นลงตามแกนกลางได้ซึ่งการเคลื่อนที่นี้เป็นการดูดและพ่นน้ำออกจากเครื่อง ปั๊มน้ำชนิดนี้จะดูดน้ำที่ไม่ค่อยสะอาด เช่น มีโคลนหรือทรายปนอยู่ได้ดี จึงเป็นที่นิยมใช้ในงานก่อสร้างมากกว่าชนิดแรก

2. Centrifugal Pump

2.1 Conventional Pump เป็นปั๊มที่มีใบจักรหมุนอยู่กลางเครื่อง ใบจักรนี้จะเป็นตัวดูดและพ่นน้ำออกจากเครื่อง การทำงานของเครื่องอาศัยหลักของพลังงาน กล่าวคือ ใบพัดจะดูดน้ำเข้ามาด้วยความเร็วสูง ทำให้เกิดพลังงานที่จะดันน้ำให้ออกไปจากเครื่อง แม้ว่าปลายท่อที่พ่นออกจะอยู่ในระดับที่สูงกว่าก็ตาม ใบพัดของเครื่องชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือชนิดใบพัดเปิด และชนิดใบพัดปิด ชนิดใบพัดปิดจะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่า แต่ไม่เหมาะสมที่จะใช้กับน้ำที่สกปรกเพราะเศษดินหรือหิน อาจเข้าไปติดในเครื่องทำให้ใบพัดติดขัดได้ในงานก่อสร้างทั่วไปนิยมใช้ Conventional pump ชนิดใบพัดเปิดมากกว่า ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพในการทำงานจะเป็นแค่ 75% ของชนิดปิดก็ตาม

2.2 Self priming Centrifugal Pumps ส่วนใหญ่จะต้องวางแช่อยู่ในน้ำขณะทำงานแต่ในงานบางอย่างปั๊มจะต้องตั้งอยู่เหนือน้ำ ซึ่ง Self Priming Centrifugal Pump เป็นชนิดที่เหมาะสมที่อยู่ในชนิดนี้

2.3 Air-Operated Centrifugal-Type Sump Pump ปั๊มชนิดนี้มีประโยชน์มากในงานก่อสร้างอุโมงค์ ฐานราก คลองระบายน้ำ และอื่นๆ เนื่องจากปั๊มชนิดนี้ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ดูดได้ทั้งน้ำสะอาด น้ำสกปรก น้ำมัน หรือแม้กระทั่งโคลนเลนก็ดูดได้ แสดง Single-Stage Air Operated Centrifugal Pump ซึ่งมีใช้อยู่ทั่วไป ปั๊มนี้มีขนาดน้ำหนักประมาณ 30 กิโลกรัม

การเลือกปั๊ม

ก่อนที่จะทำการคัดเลือกว่าปั๊มชนิดใดควรจะนำมาใช้กับงานชนิดหนึ่งจำเป็นจะต้องทราบข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปั๊มน้ำที่เหมาะสมที่สุด ระบบสูบน้ำที่เหมาะสมจะต้องประกอบด้วยปั๊มน้ำและท่อ ซึ่งจะสามารถทำงานที่ต้องการได้ในราคาที่ถูกที่สุด ซึ่งควรจะต้องรวมค่าติดตั้ง ค่าดำเนินการ และซ่อมแซมในขณะใช้งานด้วย ข้อมูลที่ควรทราบเพื่อนำมาวิเคราะห์ได้แก่

1. ปริมาณน้ำที่ต้องการสูบทั้งสิ้น
2. ความสูงจากจุดที่น้ำถูกสูบขึ้นมาไปยังจุดที่ปล่อยน้ำ
3. ระดับความแตกต่างของแหล่งที่สูบน้ำกับแหล่งที่ปล่อยน้ำ
4. ความดันของน้ำที่ต้องการ ณ จุดปล่อยน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ปั๊มจะว่างอยู่สูงจากจุดที่สูบน้ำเพียงใด
6. ขนาดของท่อที่จะใช้ทั้งหมด
7. ขนาดและชนิดของประตูน้ำที่จะใช้

อุปกรณ์ Belt conveyer (สายพานลำเลียง)

สายพานลำเลียงมีใช้กว้างขวางในงานก่อสร้างทั่วไปที่ต้องการขนถ่ายวัตถุระยะทางปานกลางให้รวดเร็วและถูกที่สุด งานที่นิยมใช้สายพานลำเลียงได้แก่ การขนถ่ายดิน ทราย หิน แร่ธาตุต่างๆ ซีเมนต์ผง และคอนกรีต สายพานลำเลียงมักจะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงเนื่องจากเป็นการขนถ่ายที่ต่อเนื่องด้วยความเร็วสูง

ส่วนประกอบของสายพานลำเลียงได้แก่

1. สายพาน (Belt)
2. ล้อเลื่อน (Idlers)
3. ตัวขับเคลื่อน (Driving Unit)
4. รอกขนถ่าย (Tripper & Feeder)
5. โครงสร้างรองรับ (Supporting Structure)

สายพานลำเลียงที่ใช้สำหรับขนถ่ายวัสดุในระยะทางสั้นๆ อาจเป็นชนิดขับเคลื่อนไปมาได้เพื่อสะดวกในการขนย้าย หรืออาจเป็นชนิดติดกับที่ก็ได้ รูปที่ 9.47 เป็นสายพานลำเลียงชนิดเคลื่อนที่ได้ ซึ่งใช้สำหรับขนส่งหินที่ถูกนำมาทิ้งไว้โดยรถบรรทุกไปยังกองหิน สายพานลำเลียงชนิดนี้มีความยาวตั้งแต่ 10-20 ม. ความกว้างของสายพาน 45 ซม. 60 ซม. และ 75 ซม. สายพานนี้จะมีเครื่องยนต์ติดอยู่เพื่อทำหน้าที่เคลื่อนย้ายไปทำงาน ณ จุดอื่น และช่วยในการหมุนล้อเลื่อนที่อยู่ใต้สายพานให้เคลื่อนที่เวลาทำงานสำหรับในงานขนถ่ายวัสดุที่มีระยะทางไกลๆ อาจต้องใช้สายพานลำเลียงตัวเดียวหรือหลายตัวต่อกัน ถ้าระยะทางที่จะขนถ่ายขาวกว่าความยาวสูงสุดของสายพานที่กำหนดไว้ ในกรณีที่ต้องให้หลายๆ ตัวต่อกัน แต่ละตัวก็จะทำหน้าที่อย่างสมบูรณ์ในตัวมัน กล่าวคือจะขนวัสดุขึ้นจากปลายทางด้านหนึ่งแล้วนำไปลงที่ปลายอีกข้างหนึ่งซึ่งเป็นต้นทางของสายพานลำเลียงตัวต่อไป ในกรณีที่พื้นลำเลียงเป็นเนินที่มีความลาดชันสายพานลำเลียงก็สามารถนำเอามาใช้ได้เช่นกัน โดยมีข้อแม้ว่าความลาดจะต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ ระบบของสายพานลำเลียงที่ใช้ทั่วไปมี 2 ระบบ คือ

1. ใช้ล้อเลื่อนอย่างเดียว (Troughing Idler)
2. ใช้สายพาน (Belt Transporting)

ก่อนที่จะกล่าวถึงสายพานลำเลียงต่อไป มีปัญหาข้อหนึ่งที่ควรเขียนอธิบายไว้ในที่นี้ปัญหานั้นก็คือ ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของการใช้สายพานลำเลียงกับการขนส่งโดยวิธีอื่น เช่น โดยรถบรรทุกอย่างใดจะสิ้นเปลืองกว่ากันเพียงใด เพื่อที่จะตอบคำถามนี้ให้ได้ถูกต้อง จำเป็นจะต้องคิดราคาต่อ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยของการใช้สายพานลำเลียงและราคาต่อหน่วยของการใช้รถบรรทุกขนส่งแล้วนำมาเปรียบเทียบกันดูว่าอย่างใดจะถูกกว่ากันเพียงใด

การคิดราคาต่อหน่วยของการขนส่งโดยใช้สายพานลำเลียงนี้ สิ่งที่จะต้องนำมาคิด ได้แก่

1. ค่าติดตั้งสายพานลำเลียงทั้งระบบ
2. ค่าทำทางเพื่อเข้าไปติดตั้งเครื่องมือนี้
3. ค่าบำรุงรักษา ค่าเครื่องอะไหล่ ค่าซ่อมแซม
4. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงหรือค่ากระแสไฟ
5. ค่าแรงงานของผู้ควบคุม
6. ค่าดอกเบี้ยที่จะต้องเสียเมื่อมีการลงทุน
7. ค่าภาษีและค่าประกันภัย
8. ค่าเช่าหรือค่าซื้อที่ดินเพื่อติดตั้งระบบ

จากหัวข้อข้างบนนี้ สามารถนำมาหาค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของวัสดุที่ขนส่งได้สำหรับการคิดราคาต่อหน่วยของการขนส่งโดยใช้รถบรรทุกสิ่งที่จะต้องนำมาคิด ได้แก่

1. ค่ารถบรรทุกซึ่งรวมถึงค่าตัวรถและค่าต่อกระบะบรรทุก
2. ค่าบำรุงรักษา ค่าเครื่องอะไหล่และค่าซ่อมแซม
3. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
4. ค่าแรงงานคนขับรถ
5. ค่าดอกเบี้ยของเงินลงทุนซื้อรถ

จากการคิดราคาของ 2 วิธีข้างบนนี้ ทำให้สามารถบอกได้ว่าค่าขนส่งต่อหน่วยของวัสดุโดยวิธีใดจะถูกและเหมาะสมกว่ากัน

สายพาน (Belt)

สายพานใช้เป็นส่วนที่รองรับวัสดุที่จะนำมากองลงบนสายพานลำเลียงซึ่งต้องหมุนเคลื่อนที่ตลอดเวลา สายพานที่ใช้อยู่ทั่วไปมีหลายชนิดและหลายขนาดซึ่งผู้ใช้จะต้องคัดเลือกให้เหมาะสมกับงานที่สุด สายพานแต่ละเส้นประกอบด้วยหลายชั้น แต่ละชั้นจะทำด้วยผ้าฝ้ายถักลงบนผ้าใบเพื่อจะได้สามารถต่อต้านแรงดึงได้ ในขณะที่สายพานเคลื่อนที่ไปโดยมีวัสดุกองอยู่ข้างบน ผ้าใบจะถูกเคลือบด้วยยางเพื่อทำให้เป็นรูปร่างตามต้องการ นอกจากผ้าฝ้ายและผ้าใบแล้ว ในบางครั้งจะมีวัสดุสังเคราะห์ เช่น rayon, nylon หรือแม้กระทั่งลวดขึงอยู่ในผ้าใบเพื่อช่วยให้รับแรงยืดได้ดียิ่งขึ้น ความแข็งแรงของสายพานวัดได้จากจำนวนชั้นของผ้าที่ถูกหุ้มอยู่ในยาง ผิวบนและล่างของผืนสายพานจะถูกเคลือบด้วยยางอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นเมื่อวัสดุได้ถูกนำมากองบนสายพานนั้น การเลือกชนิดของสายพานนั้นจะต้องคำนึงถึงแรงดึงในสายพานเมื่อวัสดุถูกนำไปกองบนนั้น และนอกจากนี้สายพานจะต้องกว้างเพียงพอที่จะกองวัสดุที่จะขนส่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล้อเลื่อน (Idler)

ตามปกติแล้ว ล้อเลื่อนมีไว้เพื่อรับน้ำหนักวัสดุที่วิ่งมาบนสายพาน แต่ในการขนถ่ายวัสดุบางชนิดที่มีขนาดใหญ่พอก็ไม่จำเป็นต้องใช้สายพาน ใช้ล้อเลื่อนเพียงอย่างเดียว ล้อเลื่อนอันหนึ่งจะประกอบด้วยลูกล้อ โครงล้อและฐานรองรับโครงล้อ ลูกล้อที่หมุนได้ทำด้วยเหล็กอาจเป็นเหล็กล้วนหรือหุ้มด้วยยางก็ได้ เพื่อป้องกันการเสียหายของลูกล้อเมื่อวัสดุถูกวางลงบนล้อเลื่อนระหว่างโครงล้อและลูกล้อจะต้องใส่น้ำมันเพื่อหล่อลื่นล้อให้หมุนได้สะดวกและให้มีแรงเสียดทานระหว่างลูกล้อและโครงล้อน้อยที่สุด ขนาดของล้อที่ใช้ทั่วไปคือ 10, 12.5, 15 และ 17.5 ซม. ลูกล้อที่ใหญ่กว่าจะมีแรงเสียดทานน้อยกว่าและมีประสิทธิภาพในการทำงานดีกว่า

ลูกล้อจะต้องวางชิดพอสมควรกล่าวคือ เมื่อมีวัสดุวางอยู่บนสายพาน สายพานจะต้องไม่หย่อน ระยะห่างของล้อจะขึ้นอยู่กับความกว้างของสายพาน และ น้ำหนักของวัสดุที่ขนถ่ายระยะห่างของล้อจะต้องลดลงอีก เมื่อใกล้จุดที่ขนวัสดุขึ้น สำหรับระยะห่างของล้อเมื่อสายพานหมุนกลับ ซึ่งไม่ต้องรับน้ำหนักวัสดุใดๆ มีเพียงสายพานเปล่าๆ จึงวางล้อได้ห่างกว่าเที่ยวไประยะห่างจะเท่ากับ 25 ซม.

พลังงานในการขับเคลื่อน

พลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนสายพานลำเลียง ประกอบด้วยผลรวมทั้งหมดของพลังงานข้างล่างนี้

1. พลังงานใช้ในการขับเคลื่อนสายพานเปล่า
2. พลังงานใช้ในการขับเคลื่อนวัสดุในแนวนอน
3. พลังงานใช้ในการขับเคลื่อนวัสดุในแนวดิ่ง
4. พลังงานที่จะหมุนล้อ
5. พลังงานที่ใช้ในการขนวัสดุขึ้นลงจากสายพาน

การเคลื่อนวัสดุขึ้น-ลง

เครื่องขนวัสดุขึ้น (Feeder) จะทำหน้าที่นำวัสดุไปกองบนสายพานด้วยปริมาณที่เหมาะสมตลอดเวลาที่เครื่องทำงานอยู่ เครื่องอาจวางวัสดุโดยตรง หรือวางโดยใช้เครื่องมือช่วยเพื่อลดแรงกระแทกบนสายพานก็ได้ เครื่องขนวัสดุขึ้นมีหลายชนิดในท้องตลาดแต่ละชนิดก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป

เครื่องขนวัสดุลงจากสายพานก่อนที่จะถึงปลายสายพาน (Tripper) จะติดอยู่บนหลังสายพานโดยมีล้อเลื่อนสองอันติดอยู่อันหนึ่งจะวางอยู่อันหนึ่งจะวางอยู่ใต้สายพาน และอีกอันหนึ่งจะวางเหนือสายพาน เมื่อสายพานวิ่งผ่านล้อเลื่อนตัวหลัง วัสดุที่อยู่บนสายพานทั้งหมดจะถูกโยนออกไปจาก

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายพาน เครื่องขนวัสดุอันนี้มีทั้งชนิดติดตั้ง และชนิดโยกย้ายได้ สำหรับชนิดแรก ตัวขับเคลื่อนสายพานจะต้องมีพลังงานเพิ่มขึ้นกว่าเดิม เพื่อช่วยหมุนล้อเลื่อนของTripper อีกตัวหนึ่ง ส่วนชนิดเคลื่อนที่ได้นั้น จะต้องใช้คนควบคุมการทำงานโดยมีมอเตอร์ต่างหากจากมอเตอร์ของเครื่องลำเลียง

อุปกรณ์ Grouting Machine

ในหินที่เห็นอยู่ทั่วไปจะรู้สึกว่ามีความแข็งแรงดี แต่อันที่จริงแล้วหินเหล่านี้อาจมีรอยแตกแยก มีโพรงมีร่องหรือมีตะเข็บทำให้หินเหล่านี้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาทำเขื่อน อ่างเก็บน้ำฐานรากอาคาร สะพาน ตอม่อ หรืออุโมงค์ เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของหินและพบข้อบกพร่องแล้ว จะต้องพิจารณาว่าจะยังคงใช้พื้นที่นั้นๆเพื่อการก่อสร้างหรือไม่ หากจำเป็นต้องใช้พื้นที่ก็ต้องพิจาณาว่าจะมีวิธีทำให้หินบริเวณนั้นมั่นคงในราคาที่เหมาะสมได้หรือไม่ หากทำไม่ได้อาจต้องละทิ้งพื้นที่ไปหาที่ก่อสร้างใหม่ กรรมวิธีที่ใช้ทั่วไป ในการแก้ไขสภาพของดิน และ หินให้ดีขึ้นนี้เรียกว่า "Pressure Groupting" เหตุผลของการทำ Grouting ก็เพื่อที่จะ

1. ทำให้วัสดุมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น
2. ทำให้การไหลซึมของน้ำที่ผ่านเข้ามาในบริเวณนั้นลดลง ใช้ในงานเขื่อน และอุโมงค์
3. ทำให้แรงดันของน้ำใต้บริเวณที่ก่อสร้างลดลง

เพื่อที่จะทราบว่าพื้นที่บริเวณที่จะใช้ประโยชน์จำเป็นจะต้อง Grout หรือไม่จำเป็นต้องทำการสำรวจโดยการเจาะหลุมกลมลงไปมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 75 ซม. เพื่อสามารถให้คนลงไปตรวจสอบได้ ขนาด ความลึก และจำนวนหลุมที่จะทำการสำรวจต้องวางแผนล่วงหน้าไว้เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด หลุมที่เจาะยิ่งเพิ่มจำนวนมากขึ้นเท่าใดก็จะทำให้ได้รายละเอียดมากขึ้น แต่ราคาค่าสำรวจก็จะสูงขึ้นด้วยดังนั้นวิศวกรจึงมีหน้าที่ที่จะตัดสินใจว่าควรทำการสำรวจมากน้อยเพียงใดจึงจะคุ้มที่สุด หลังจากการสำรวจจะต้องบันทึกคุณสมบัติของหลุมที่เจาะไว้อย่างละเอียด ถ้าแกนกลางของวัสดุที่เจาะขึ้นมาต่อเนื่องกันเป็นชิ้นเดียว ไม่มีการแตกหักแสดงว่าพื้นที่บริเวณนั้นมีความต้องการ Grouting น้อยมาก หรืออาจไม่ต้องการเลย แต่ถ้าวัสดุที่เจาะขึ้นมาแตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยแสดงว่าพื้นที่นั้นอาจมีรอยแตกแยก มีร่องหรือเป็นโพรงอาจต้องการ Grouting อย่างมาก ประมาณ Grouting ที่จะต้องทำ สามารถหาได้โดยฉีดน้ำที่มีความดันสูงลงไปในหลุมที่เจาะในขณะเดียวกันให้จดบันทึก ปริมาณการไหลและแรงดันของน้ำไว้ ถ้าหากอัตราการไหลของน้ำตกลงอย่างรวดเร็ว และในขณะเดียวกันแรงดันของน้ำจะสูงขึ้นแสดงว่ามีรอยแตกร้าว พรุนน้อย สามารถทำให้แข็งแรงได้โดยการ Grouting เพียงเล็กน้อย แต่อัตราการไหลของน้ำยังคงสูงอยู่เรื่อยๆ และแรงดันน้ำไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่ามีรูพรุนมาก หรือ รอยแตกร้าวขนาดใหญ่ จะต้อง Grout มากจึงจะแข็งแรง

วัสดุที่ใช้ในการ Grout ทั่วไปได้แก่

1. ซีเมนต์ และน้ำ
2. ซีเมนต์ ผงหิน และน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ซีเมนต์ ดินเหนียว และน้ำ
4. ซีเมนต์ ดินเหนียว ทราย และน้ำ
5. ยางมะตอย (Asphalt)
6. ดินเหนียว และน้ำ

ส่วนผสมของวัสดุต่างๆ จะต้องผสมกันให้เหนียวที่สุดและสามารถอัดลงไปในรอยร้าว และรอยพรุนต่างๆ ได้

หลังจากการสำรวจพื้นที่และการทดสอบเพื่อดูขนาดของการ Grout แล้วขั้นต่อไปคือการวางแผนหาจุดที่จะต้องเจาะรู และขนาดความลึกของรูที่จะเจาะ เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด และให้พื้นที่บริเวณนั้นแข็งแรงที่สุด โดยทั่วไปจะนิยมเจาะรูขนาดเล็ก พอให้วัสดุที่จะ Grout ถูกฉีดลงไปได้ และเนื่องจากรูเล็กมีค่าใช้จ่ายน้อยจึงสามารถเพิ่มจำนวนรูที่เจาะให้มากๆ ได้ เครื่องมือที่ใช้ในการเจาะรูได้แก่ Jack Hammer, Wagon Drill, Dimond Drill หรือ Shot Drill ซึ่งจะใช้เครื่องมือชนิดไหนขึ้นอยู่กับสภาพของพื้นที่ ชนิดของวัสดุที่จะต้องเจาะ ขนาดและความลึกของรู

ในการ Grout จะต้องใช้แรงดันที่เหมาะสมอัดลงไปในรู เพื่อให้ส่วนผสมของ Grouting Material ซึมเข้าไปอุดรูพรุน หรือรอยแตกแยกให้ได้มากที่สุด ความดันนี้ไม่สามารถบอกล่วงหน้าได้ว่า ต้องอัดลงไปเพียงใด อย่างไรก็ตาม ก็ควรจะใช้ความดันที่สูงที่สุด แต่จะต้องไม่มากเกินไปจนทำให้วัสดุส่วนบนเกิดระเบิดออกมาซึ่งจะทำให้เกิดการแตกแยกมากขึ้นแทนที่จะลดน้อยลง แรงอัดที่ใช้อัดลงไปในรูกับความลึกของรูทั้งหมด และระดับความลึกที่กำลังทำงานอยู่

วิธีการที่ใช้ในการอัดส่วนผสมของซีเมนต์ลงไปในรูที่เจาะเตรียมไว้ ได้แก่ การใช้ปั๊มชนิดลูกสูบเพื่อทำให้เกิดแรงอัดตามต้องการร่วมกับเครื่องมืออื่น คือ

1. เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor)
2. เครื่องผสมวัสดุที่ใช้อัดลงไป (Grout Mixer)
3. ถังปั่นวัสดุให้เข้ากัน (Agitator Tank)
4. ปั๊ม (Grout Pump)
5. ท่อ ข้อต่อ เครื่องวัดความดัน ฯลฯ

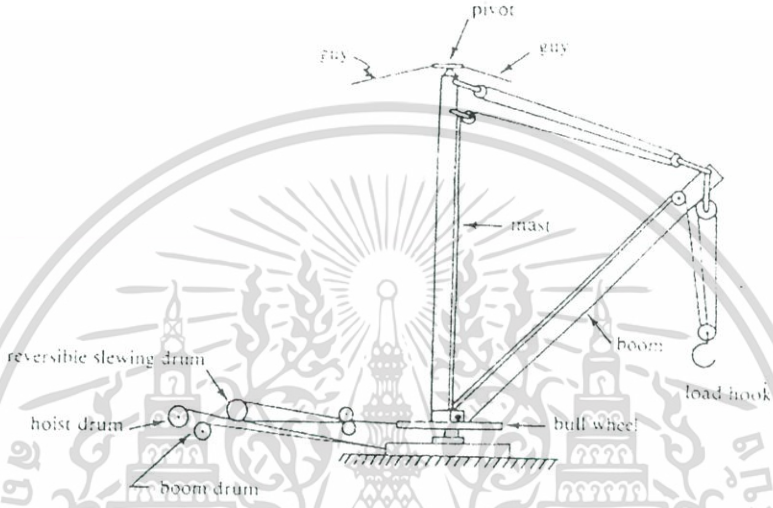
การทำงานของเครื่องเริ่มจากเครื่องผสมวัสดุ(Grout Mixer)จะกวนวัสดุที่ผสมกันเรียบร้อยแล้วให้เข้ากันแล้วส่งเข้าไปในถังปั่น (Agitator Tank) เพื่อไม่ให้เกิดการแยกตัวระหว่างส่วนที่เป็นของแข็งและส่วนที่เป็นของเหลว แล้วเครื่องปั๊มก็จะดูดวัสดุผสมจาก Agitator Tank ผ่านต่อลงไปในรูที่เจาะเตรียมไว้แล้ว

ประเภทของรถยก (Crane) และอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Crane เป็นเครื่องจักรทุ่นแรงที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง มักขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ไฟฟ้า หรือทั้งสองชนิดผสมกัน Crane อาจแบ่งตามลักษณะของการทำงานออกเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้ คือ

1. Stationary หรือ Derrick Crane อุปกรณ์ของ Crane ชนิดนี้ประกอบด้วย Mast (เสาแกน) Boom (แขนยก) Bullwheel ซึ่งเป็นฐานรองรับ Mast และ Boom และหมุนได้ 360 องศา โดยรอบแกนในแนวดิ่ง และ Guy ซึ่งเป็นลวดหรือเชือกโยงยึดเสาแกนให้มั่นคง ดังแสดงภาพที่ ข27



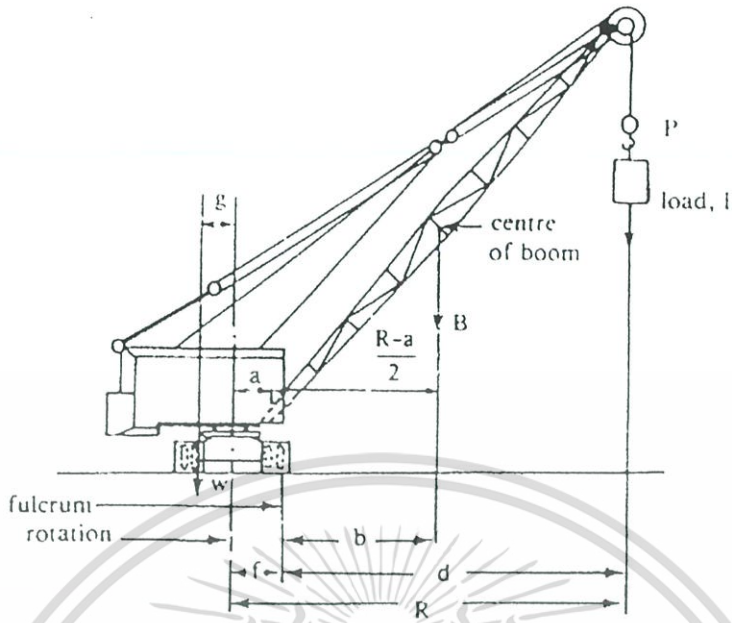
ภาพที่ ข27 แสดงส่วนประกอบของ Derrick Crane

รัศมีการทำงานของ Boom จะถูกจำกัดขอบเขตโดย Guy (ลวดโยงยึด) การหมุนของ Bull Wheel จะถูกควบคุมโดยสายเคเบิลจาก reversible drum load hook ซึ่งใช้ยกวัสดุจะทำงานโดยสายเคเบิล จาก Hoist Drum และ Boom Drum จะเป็นตัวควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้นลงของ Boom โดยทั่วไป Drum จะถูกขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ดีเซล แต่หากอยู่ในที่ที่มีแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าก็อาจใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อน

Derrick Crane ขนาดใหญ่สามารถรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 200 ตัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและจำนวนของ Guy Boom และ Mast การทำงานของ Crane ชนิดนี้ค่อนข้างเชื่องช้าเมื่อเทียบกับ Crane ชนิดอื่นๆ Derrick Crane ใช้กับงานได้หลายประเภท เช่น ในงานก่อสร้างอาคาร เขื่อน และการยกสินค้าขึ้นลงในท่าเรือ เป็นต้น

2. Mobile Crane Crane ชนิดนี้จะติดตั้งอยู่รถบรรทุก Truck Crane บนรถที่ขับเคลื่อนด้วยล้อตีนตะขาบ Crawler Crane หรือบนรถที่เคลื่อนไปบนรางรถไฟ Mobile Crane จะออกแบบให้รับน้ำหนักได้สูงถึง 200 ตัน อุปกรณ์ประกอบด้วย แขนยก Boom ลวดโยงหรือสายเคเบิล ที่ช่วยยึดประคองและควบคุมการทำงานของ Boom และน้ำหนักถ่วง Tailweight เพื่อช่วยให้เกิดความสมดุลของน้ำหนักทั้งนี้จะติดตั้งอยู่บนฐานของรถบรรทุก หรือบน Crawler ฐานนี้ส่วนมากจะหมุนรอบแกนในแนวดิ่งได้ด้วย ดังภาพที่ ข28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



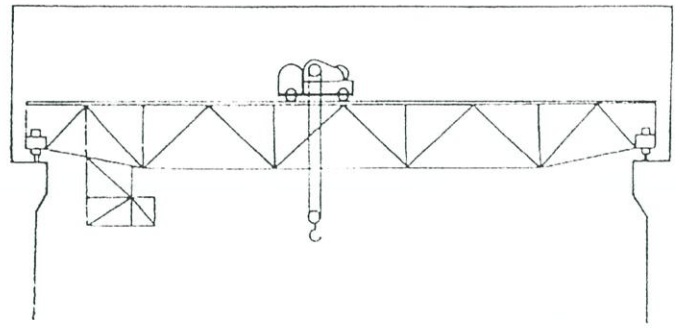
ภาพที่ 6.28 แสดง Mobile Crane ชนิด Crawler

Crawler Crane เหมาะสำหรับบริเวณที่มีพื้นดินอ่อนและลักษณะของงานอยู่บนบริเวณที่ไม่กว้างขวางมากแต่จะต้องทำงานอยู่เป็นระยะเวลานาน ๆ Crawler Crane สามารถเคลื่อนที่ได้ขณะรับน้ำหนักเต็มที่ โดยทั่วไป Crawler จะขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซล แต่การทำงานของ Crane จะขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าเนื่องจากให้ความเร็ว เที่ยงตรง และสม่ำเสมอกว่าเครื่องยนต์ดีเซล

Truck Crane สามารถเคลื่อนที่ไปได้เร็วกว่า Crawler Crane แต่ต้องการบริเวณที่มีพื้นดินแข็งกว่า และไม่สามารถทำงานบนพื้นที่ขรุขระได้ ขณะที่ยกน้ำหนักจะต้องมีขาหยั่งเพื่อช่วยคำทางด้านข้างรถทั้งสองด้าน (Outrigger) เพื่อเพิ่มความมั่นคงไม่ให้ล้มหรือคะมำ Truck Crane ชนิดที่ Boom ทำงานโดยระบบ Hydraulic เป็นที่นิยมกันมากในปัจจุบัน เนื่องจากการเคลื่อนไหวของ Boom ทั้งการยืดหดและการแกว่งเปลี่ยนมุม ทำได้อย่างต่อเนื่องรวดเร็วและแม่นยำ เครื่องจักรทุ่นแรงประเภทนี้มักเรียกว่า Hydraulic Crane

3. Overhead หรือ Gantry Crane ใช้สำหรับการขนย้ายวัสดุภายในโรงงานโดยมีกว้าน (Hoist) ติดตั้งอยู่บนล้อเลื่อนที่สามารถเคลื่อนที่ไปบนคานขวางซึ่งส่วนมากจะเป็นโครงเหล็กดังแสดงในรูป คานขวางที่เป็นโครงเหล็กนี้จะเคลื่อนที่ไปและกลับตามด้านยาวของโรงงาน โดยมีล้อวิ่งไปบนรางที่มีคานยื่นออกจากผนังมารองรับคานขวางนี้ Gantry Crane จะรับน้ำหนักได้สูงสุดประมาณ 500 ตัน ดังภาพที่ ข29

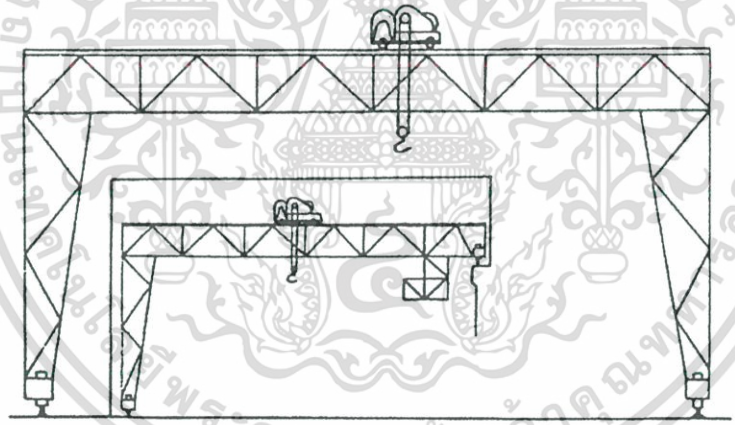
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข29 แสดง Electric Overhead Crane

Crane ชนิดนี้สามารถเคลื่อนย้ายวัสดุได้ 3 ทิศทางในเวลาเดียวกัน โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อน การเคลื่อนที่ในแต่ละทิศทางเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งจะมีที่สำหรับผู้ควบคุมแผงสวิตช์ติดอยู่ที่ใต้คานขวางปลายใดปลายหนึ่ง หรือแผงสวิตช์อาจอยู่ที่ใดที่หนึ่งบนพื้นล่างก็ได้ ข้อดีของ Gantry Crane คือ ไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับสิ่งกีดขวางบนพื้นเมื่อเคลื่อนย้ายไปมาขณะทำงาน

4. Travelling หรือ Bridge Crane มีลักษณะคล้ายคลึงกับ Gantry Crane ต่างกันเพียงคานขวางหรือ Cross Girder ตั้งอยู่บนเสาที่มีล้อเลื่อนไปบนรางที่อยู่บนพื้นดังรูป ลักษณะการทำงานก็เช่นเดียวกันกับ Gantry Crane ดังภาพที่ ข30



ภาพที่ ข30 แสดง Travelling Bridge Crane

5. Tower Crane Crane ชนิดนี้ใช้กับงานก่อสร้างอาคารโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความสูงมากๆ ใช้ได้กับทั้งงานคอนกรีตและงานโครงเหล็ก Tower Crane จะต้องมีแท่นขนาดใหญ่รองรับ Tower Crane จะทำด้วยโครงเหล็ก (Steel Truss) เป็นส่วนใหญ่ ส่วนแขนหรือ Boom จะเคลื่อนไหวได้ในแนวนอน 360 องศา แต่ไม่สามารถกระดกขึ้นลงในแนวดิ่งได้ Boom จะอยู่ในแนวนอนตลอดเวลา และทางด้านท้ายของ Boom จะมีน้ำหนักถ่วงช่วยให้เกิดความสมดุลขณะยกเคลื่อนย้ายวัสดุ การใช้ Tower Crane สามารถขจัดอุปสรรคในการก่อสร้างอาคารสูงลงไปได้ เพราะการยกวัสดุหนักๆ ขึ้นไปที่ความสูงหลายสิบเมตรนั้น คงเป็นไปไม่ได้ถ้าไม่มีเครื่องมือนี้

6. Whirler Crane Craneนี้มีลักษณะเป็นส่วนผสมของDerrick Crane และ Mobile Crane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยนำเอาส่วนดีของ Derrick Crane ที่ Boom สามารถมีความยาวได้มาร และข้อดีของ Mobile Crane ที่สามารถเคลื่อนที่ได้มาใช้ Crane จะติดตั้งอยู่บนหอสูงที่ทำด้วยโครงเหล็กที่เคลื่อนที่ไม่ได้บนราง ส่วนฐานของ Crane จะหมุนได้รอบแกนในแนวดิ่ง และมีน้ำหนักถ่วงอยู่ทางด้านหลังของฐาน (Tailweight) เพื่อให้น้ำหนักมีความสมดุลไม่ว่าBoomจะแกว่งไปในทิศทางไหนWhirler Crane ที่มี Boom ยาว 24.0 เมตร และมีรัศมีการทำงานของ Boom มากที่สุด 15.0 เมตร อาจจะสามารถรับน้ำหนักได้สูงถึง 45 ตัน ดังภาพที่ ข31

ภาพที่ ข31 แสดง Whirler Crane

ประเภทกว้าน (Hoist)

กว้าน (Hoist) เป็นเครื่องทุ่นแรงสำหรับยกหรือลากวัสดุโดยใช้หลักการถ่ายแรงตั้งแต่แบบธรรมดา เช่น ระบบของรอก (Pulley) จนถึงระบบของเฟืองทดกำลัง (Gear) การขับเคลื่อนอาจใช้พลังงานจากแรงคน เครื่องยนต์ดีเซลหรือไฟฟ้า อาจแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้ คือ

1. Chain Hoist กว้านชนิดนี้รับน้ำหนักได้มากที่สุด ประมาณ 50 ตัน โดยทั่วไป จะทำงานโดยใช้แรงคน อุปกรณ์ประกอบด้วย เฟืองทดกำลัง ล้อลูกรอก (Sheaves) และโซ่ ซึ่งส่วนมากจะใช้โซ่ 2 เส้น เส้นหนึ่งเรียกว่า Hand Chain เป็นตัวรับแรงที่กระทำ และอีกเส้นหนึ่งเรียกว่า Load Chain เป็นตัวรับน้ำหนักแรงดึงแรงที่กระทำกับ Hand Chain จะถูกทดผ่านเฟืองทดกำลังถ่ายแรงไปยัง Load Chain ซึ่งจะทดเพิ่มกำลังให้มีแรงมากขึ้นไม่น้อยกว่า 20 เท่า Chain Hoist มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนขั้นต้นต่ำ และง่ายต่อการใช้งานแม้ผู้ที่ไม่มีความชำนาญก็สามารถปฏิบัติงานได้ เหมาะสำหรับที่ที่อยู่ห่างไกลความเจริญไม่มีกระแสไฟฟ้าใช้ สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย แต่อัตราการทำงานค่อนข้างช้า Chain Hoist ยังแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1.1 Differential Chain Hoist เป็นกว้านที่มีระบบการทำงานง่าย ๆ โดยใช้ชุดของล้อลูกรอก (Sheaves) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เท่ากัน และใช้โซ่เพียงเส้นเดียว เป็นโซ่แบบต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

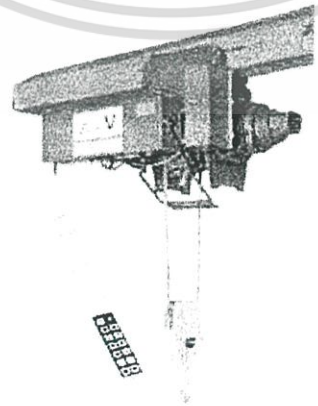
(Endless Chain) ร้อยไปตามล้อลูกรอกชุดนี้ กว้านชนิดนี้ใช้สำหรับงานขนาดเล็กรับน้ำหนักได้ตั้งแต่ ¼ ตัน จนถึง 1 ตัน มีประสิทธิภาพต่ำ แต่มีราคาถูก

1.2 Screw Geared Chain Hoist เป็นกว้านที่ใช้ระบบโซ่ 2 เส้น คือ Hand Chain และ Load Chain แรงดึงที่กระทำจาก Hand Chain จะพาดผ่านเฟืองเกลียวตัวหนอน (Worm Geared) ไปยัง Load Chain สามารถรับน้ำหนักได้ตั้งแต่ครึ่งตันจนถึง 3 ตัน อัตราการทำงานค่อนข้างช้าแต่มีความสม่ำเสมอและความเที่ยงตรงแม่นยำสูงอย่างไรก็ตามยังจัดว่ามีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ

1.3 Spur Geared Chain Hoist ประกอบด้วย Hand Chain Load Chain และ pianetary gear ซึ่งเป็นระบบเฟืองเกียร์ที่ใช้เฟืองเล็กหมุนรอบเฟืองใหญ่ถ้าใช้เฟืองเพียงชุดเดียวจะรับน้ำหนักได้สูงสุดประมาณ 10 ตัน แต่ถ้าใช้เฟืองทดหลายๆ ชุด จะสามารถรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 50 ตัน Chain Hoist ประเภทนี้มีประสิทธิภาพสูงอัตราการทำงานค่อนข้างเร็วและมีความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ดี อย่างไรก็ตาม Chain Hoist ประเภทนี้มีราคาสูงเมื่อเทียบกับกับ Chain Hoist ประเภทอื่น Spur Geared Chain Hoist อาจใช้ประกอบกับ Overhead Crane ได้ถ้าติดตั้งอยู่บนล้อเลื่อนที่สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้บนคานขวาง (Cross Cirder)

1.4 Pull Lift Chain Hoist มักใช้ในงานที่ต้องการดึงหรือลากวัสดุในแนวนอน แต่ก็ใช้ในงานยกวัสดุด้วย แรงที่กระทำจะผ่านคันโยก (Lever Handle) แทนที่จะใช้ Hand Chain และอาจจะใช้สายเคเบิลแทนที่ Load Chain ซึ่งจะทำให้รับน้ำหนักได้สูงถึง 5 ตัน เครื่องทุ่นแรงประเภทนี้ที่เรียกว่า Tirfor Pull Hoist ซึ่งจดทะเบียนลิขสิทธิ์โดยบริษัท Tractel จาก ประเทศฝรั่งเศส เป็นเครื่องทุ่นแรงที่มีน้ำหนักเลา มีประสิทธิภาพสูง มีความแม่นยำในการทำงาน และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ

2. Electric Hoist กว้านชนิดนี้จะทำงานโดยมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถรับน้ำหนักได้สูง อัตราการทำงานรวดเร็วต่อเนื่องสม่ำเสมอ การควบคุมทำได้สะดวกจากแผงสวิทตช์ควบคุมดังภาพที่ ข32 มักใช้กับ Gantry และ Bridge Crane

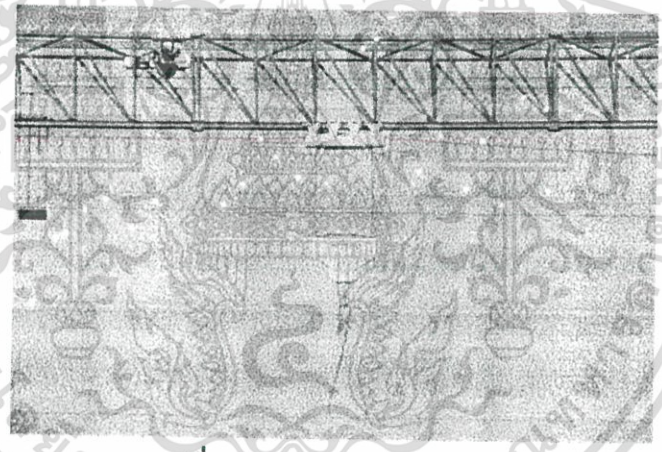


ภาพที่ ข32 แสดงกว้านชนิดที่ทำงานโดยมอเตอร์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Hoist Winch ส่วนประกอบ Winch คือเฟืองคลัชและเบรค เป็นเครื่องทุ่นแรงที่ทดกำบังด้วยเฟืองหลายๆ ชุด ประกอบกัน Hoist Winch จะรับน้ำหนักได้มากขึ้น เมื่อเพิ่มจำนวนชุดของเฟืองเข้าไป แรงที่ทดผ่านเฟืองมาแล้วจะถ่ายเข้าสู่ Rope Drum ซึ่งมีเชือก โซ่ หรือลวดเคเบิลพันอยู่สำหรับใช้ยกหรือลากน้ำหนัก Hoist Winch ทำงานได้ด้วยแรงคน แต่ถ้าใช้สำหรับงานขนาดใหญ่จะขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซลหรือไฟฟ้า โดยทั่วไปจะใช้เครื่องยนต์ดีเซลโดยเฉพาะอย่างยิ่งงานกลางแจ้งที่มักจะมีปัญหาเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า Hoist Winch ที่ใช้เครื่องยนต์จะรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 200 ตัน

4. รอก (Rope Pulley) รอกเป็นเครื่องทุ่นแรงที่จัดว่าเป็นประเภทธรรมดาและง่ายที่สุดยกน้ำหนักได้ไม่มากวัสดุที่ยกจะห้อยอยู่ที่ปลายเชือกเส้นหนึ่งด้วยตะขอเกี่ยว (Hook) โดยเชือกจะร้อยผ่านล้อลูกรอกซึ่งแขวนอยู่ด้วย Hook อีกตัวหนึ่ง ลักษณะนี้เรียกว่า 1-Part Line ดังแสดงในรูปที่ 2.33 ถ้าต้องการจะเพิ่มความสามารถในการยกน้ำหนักของรอก เชือกจะต้องร้อยผ่านล้อลูกรอกหลายๆ รอบ โดยมีชุดของล้อลูกรอก 2 ชุด คือ ชุดหนึ่งอยู่ด้านบน และอีกชุดหนึ่งอยู่ด้านล่างติดกับ Hook ที่ใช้เกี่ยววัสดุที่จะยก ดังภาพที่ ข3



ภาพที่ ข33 แสดง Part Line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 7 เทคโนโลยีการก่อสร้างกับงานสถาปัตยกรรม

ในส่วนที่เกี่ยวกับโครงสร้าง วิวัฒนาการด้านวัสดุไม่ค่อยจะมีมากนัก เราใช้โครงสร้างที่ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กและเหล็กรูปพรรณมาเป็นร้อยปีแล้ว ส่วนระบบชิ้นส่วนหล่อสำเร็จและคอนกรีตอัดแรงก็ใช้กันมาหลายสิบปีแล้ว เช่นกัน การเลือกระบบโครงสร้างให้เหมาะสมกับงานจึงขึ้นอยู่กับการใช้งาน ราคาค่าก่อสร้าง ความยากง่ายในการหาวัสดุก่อสร้าง มากกว่าความต้องการทางเทคโนโลยี อย่างไรก็ดี การใช้วัสดุก่อสร้างที่มีกำลังสูง การใช้ช่างฝีมือที่ดี และการควบคุมงานและบริหารงานก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพ มีอิทธิพลต่อการออกแบบไม่น้อย เพราะสามารถลดขนาดองค์อาคารลงได้พอสมควรทีเดียว ส่วนการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณออกแบบก็เป็นมาตรการที่ช่วยให้การคำนวณถูกต้องแม่นยำขึ้น อัตราการเสี่ยงน้อยลง Human Error ก็น้อยลงตาม ทำให้สามารถลดราคาค่าโครงสร้างลงได้เช่นกัน

การประสานงานระหว่างสถาปัตยกรรมและเทคโนโลยีต่างๆ

สถาปัตยกรรมกับเทคโนโลยีทางโครงสร้าง

ผลกระทบจากระบบโครงสร้างต่อการออกแบบสถาปัตยกรรม ค่อนข้างรุนแรง จริงอยู่วิศวกรจะเป็นผู้กำหนดชนิดและประเภทของโครงสร้าง แต่ในบางครั้งความต้องการทางสถาปัตยกรรมค่อนข้างสูง จนไม่สามารถจะใช้เทคโนโลยีทางวิศวกรรมโครงสร้างได้เต็มที่ เป็นเหตุให้ได้โครงสร้างที่มีราคาแพง เช่น เอาเสาสำคัญออก ทำให้ช่วงคานยาวจนเกินไป หรือกำหนดให้ความสูงของชั้นต่ำเกินไป หรืออาคารสูงชะลูดแต่ไม่ยอมให้ใส่ Diagonal Bracing เพราะจะทำให้ดูไม่สวย เป็นต้น หรือในกรณีที่ออกแบบให้อาคารที่สูงมากๆ และ Podium ซึ่งเป็นอาคารเตี้ย ซึ่งการทรุดตัวของอาคารจะแตกต่างกันมากจนเกิดการแตกร้าว น้ำรั่วซึมเข้ามาในห้องใต้ดินได้ การแตกร้าวเหล่านี้สามารถป้องกันได้โดยอาศัยเทคโนโลยีทางวิศวกรรมโครงสร้างและปฐพีกลศาสตร์ ฉะนั้นงานสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมโครงสร้างควรจะเริ่มต้นพร้อมกัน และดำเนินควบคู่กันไปตั้งแต่แรก

งานวิศวกรรมระบบ

เช่นเดียวกับโครงสร้าง งานวิศวกรรมระบบซึ่งรวมถึงวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมเครื่องกล ระบบป้องกันอัคคีภัย และวิศวกรรมสุขาภิบาล ก็ควรจะเริ่มพร้อมๆ กันตั้งแต่ต้นเช่นเดียวกันเพราะปัจจุบันวิวัฒนาการทางด้านงานระบบก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานรักษาความปลอดภัย เช่น เมื่อเกิดไฟไหม้ ลิฟท์ตัวไหนขัดข้องหรือติดอยู่ชั้นไหน และอื่นๆ ทุกอย่างจะปรากฏขึ้นที่แผงในห้องควบคุม เพื่อเจ้าหน้าที่จะได้ส่งหน่วยช่วยเหลือไปถึงที่เกิดเหตุในทันที สำหรับระบบปรับอากาศก็อาจเปลี่ยนจาส่งลมเย็นทางท่อมาเป็นกระจายใต้พื้นที่ยกขึ้นเป็นพิเศษ เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการจะให้ลมเย็นออกทางไหนก็เปิดช่องตรงจุดนั้นได้โดยตรง ในห้องน้ำ ที่ปัสสาวะ ชายก็อาจใช้ระบบฉีดน้ำล้างอัตโนมัติโดยใช้แสง Infrared คือ พอทำธุระเสร็จเดินออกมา น้ำก็จะพุ่งออกมาชะล้างเองโดยไม่ต้องกดปุ่ม ทำให้สะอาดปราศจากโรคภัย สะดวกแก่ผู้ใช้ ทั้งหมดนี้จะมีผลกระทบต่องานสถาปัตยกรรมทั้งสิ้น

นอกจากนั้น ในปัจจุบันการประหยัดพลังงานมีบทบาทสำคัญทางเทคโนโลยี เพราะเราใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ากันมาก โดยเฉพาะเครื่องปรับอากาศ เรียกได้ว่าอาคารขนาดย่อมขึ้นไปมักจะติดตั้งเครื่องปรับอากาศกันเป็นส่วนใหญ่ สำหรับอาคารขนาดใหญ่ หากออกแบบทางสถาปัตยกรรมให้เหมาะสมจะสามารถลดการใช้พลังงานซึ่งหมายถึงค่าไฟฟ้าลงได้มาก

เมื่อค่า Operation Cost ต่ำ การลงทุนก็คุ้มค่าและได้ผลตอบแทนเร็ว การใช้ผนังรอบอาคารเป็นชนิด Cutain Wall หรือหลังคาดาดฟ้าเจาะช่องทำ Sky Light จะเพื่อความสวยงามหรืออะไรก็ตามที จะทำให้ความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารมากขึ้น ฉะนั้น เครื่องปรับอากาศก็จะต้องมีขนาดใหญ่ขึ้น กินไฟมากขึ้นตาม

การใช้เทคโนโลยีในทางที่ไม่เหมาะสม

แม้เทคโนโลยีจะแสดงถึงความเจริญรุ่งเรือง แต่เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับประเทศหนึ่งอาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับอีกประเทศหนึ่งก็ได้ เช่น โครงสร้างที่ทำด้วยเหล็กรูปพรรณเหมาะสำหรับประเทศที่ค่าแรงสูง สามารถผลิตเหล็กได้เอง เกิดแผ่นดินไหวรุนแรง และมีระบบป้องกันอัคคีภัยอย่างดี แต่ถ้านำโครงสร้างเหล็กมาใช้กับอาคารทั่วไปในประเทศที่ค่าแรงงานถูก แต่ต้องสั่งซื้อเหล็กรูปพรรณจากต่างประเทศ และไม่มีกฎหมายเกี่ยวกับการป้องกันอัคคีภัย จะทำให้อาคารมีราคาแพงและอาจเกิดอันตรายได้ หรือออกแบบสำหรับการก่อสร้างที่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษที่ต้องจัดซื้อจากต่างประเทศโดยเฉพาะ เช่น ระบบแบบหล่อคอนกรีต ระบบพื้นพิเศษ เป็นต้น อันจะทำให้ค่าก่อสร้างสูงเกินความจำเป็น

การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ

เมื่อ 10 ปีที่แล้ว คอมพิวเตอร์เพิ่งจะเริ่มมีบทบาทในการออกแบบ หรือแม้แต่ทางสาขาวิชาอื่นก็ยังมีใช้กันน้อยมาก ปัจจุบันคอมพิวเตอร์กลายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับงานทั่วไป แทบจะกล่าวได้ว่าไม่มีสำนักงานไหนไม่ใช้คอมพิวเตอร์ ในการออกแบบ เดี๋ยวนี้พัฒนากันจนถึงขั้นเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์แล้ว อย่างไรก็ดี เราควรถือเสมอว่าเป็นเพียงเครื่องช่วยให้การออกแบบรวดเร็วและสะดวกยิ่งขึ้น ความผิดพลาดจะน้อยลง แต่ต้องระวังอย่าให้คอมพิวเตอร์มาเป็นนายเรา คือ ถ้าเราใช้คอมพิวเตอร์กันจนชินแล้ว จะทำให้เราไม่อยากจะทำงานเมื่อไม่มีคอมพิวเตอร์ใช้หรือเมื่อไฟฟ้าดับ การใช้สมองคิดก็จะน้อยลง หนักเข้าจะไม่สามารถแก้ปัญหาต่างๆ ได้เมื่อไม่มีคอมพิวเตอร์มาช่วยการคิดเลขในใจก็จะหมดไป ยิ่งกว่านั้นในบางครั้งที่ผู้ที่ขาดประสบการณ์เชื่อคอมพิวเตอร์มาก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนเกินไป หากมีการผิดพลาดเกิดขึ้น จะเนื่องจากการป้อนข้อมูลผิดหรือสาเหตุใดก็ตามความเสียหายอาจเกิดขึ้นได้ ยิ่งถ้าเป็นเรื่องเกี่ยวกับโครงสร้างอาจเป็นเหตุให้โครงสร้างชำรุดแตกร้าวจนถึงพังทลายได้

ฉะนั้น ในการที่จะใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD) จะต้องให้ผู้ที่มีประสบการณ์ตรวจสอบทุกครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะต้องทราบว่า Program ที่บรรจุอยู่ใน Disc นั้น มีความเป็นมาอย่างไร พัฒนาจากสูตรอะไร ของใคร มีสมมติฐานอะไรบ้าง ใช้กับสภาพสิ่งแวดล้อมของเราได้หรือไม่ เป็นต้น จึงจะได้งานสถาปัตยกรรมที่ดีพร้อม

บทสรุป

ในการออกแบบอาคารทั่วไป ผู้ออกแบบควรจะปรับตัวให้เข้ากับเทคโนโลยีที่ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา โดยคำนึงถึงสภาวะแวดล้อมในขณะนั้นๆ ประกอบด้วย ว่าเทคโนโลยีเหล่านั้นเหมาะกับสภาพการณ์หรือไม่ ราคาจะสูงเกินไปหรือไม่ จึงจะได้แบบที่สวยงามประหยัดก่อสร้างได้รวดเร็วมั่นคงแข็งแรง และใช้งานได้ดี หรือผู้รับเหมาก่อสร้างของเราสามารถใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ อีกประการหนึ่ง การนำเทคโนโลยีขั้นสูงมาใช้ในการออกแบบควรจะใช้สำหรับผู้ที่มีประสบการณ์อย่างดีแล้ว เท่านั้น มิฉะนั้นอาจได้ผลที่ไม่ตรงกับความประสงค์ก็ได้ นอกจากนั้นควรระวังอย่าทำให้ตนเองกลายเป็นทาสของคอมพิวเตอร์จนไม่สามารถจะตัดสินใจใดๆ ด้วยตนเองได้ ประการสุดท้ายสถาปนิกไม่ควรจะมองแต่เทคโนโลยีสมัยใหม่แต่เพียงอย่างเดียวโดยมองข้ามสิ่งที่บรรพบุรุษได้สร้างสรรไว้ เพราะมีอยู่มากมายที่เราเองก็ไม่สามารถจะเข้าใจได้น่าที่จะมีผู้ค้นคว้าอย่างจริงจังเพื่อหาเหตุผลและความเป็นมาของสถาปัตยกรรมโบราณ โดยจะต้องใช้ความมานะพยายามอย่างยิ่งยวด และ ใช้เวลาอย่างมากมาย ชั่วชีวิตนี้ก็คงจะค้นคว้าไม่หมด

โครงสร้างในสถาปัตยกรรม

ศาสตราจารย์ เรืองศักดิ์ กันตะบุตร

งานสถาปัตยกรรมที่แสดงออกซึ่งคุณลักษณะทางเทคนิควิทยาการ(Technology)โดยสมบูรณ์แบบ ย่อมหมายถึงศิลปแห่งวิทยาการสูงสุด หากปราศจากศิลปะแล้วไซร้ความสมบูรณ์แบบในเทคนิควิทยาการจะเกิดขึ้นไม่ได้ จึงอาจกล่าวได้ว่า ศิลปะและวิทยาการที่สมบูรณ์แบบจะเดินควบคู่ขนานไปด้วยกัน ตั้งแต่สภาวะเริ่มต้นจนถึงสภาวะสำเร็จ ซึ่งเป็นสภาวะสุดท้ายของงานสร้างสรรค์

เทคนิควิทยาการหรือที่เราเรียกว่า “Technology” มีความหมายกว้างขวางกว่า “กรรมวิธี” หรือ “Method” ซึ่งมีความสมบูรณ์แบบในตัวเองเฉพาะกรณี แต่เทคนิควิทยาการหรือเทคโนโลยีนั้นจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายถึง ระบบและกระบวนการของกรรมวิธีอีกขั้นหนึ่งซึ่งมีความสมบูรณ์แบบในขั้นสุดท้าย เป็นนามธรรมของวิทยาการอาคารทั้งปวง

โครงสร้างอาคารเป็นวิทยาการสาขาหนึ่งที่มีความสำคัญต่ออาคารในกระบวนการเบื้องต้นของศิลปะการออกแบบสร้างสรรค์ ในทุกสกุลช่างมาตลอดทุกยุคทุกสมัยในอดีต

ศิลปะของการออกแบบโครงสร้างอาคารเป็นวิทยาการบริสุทธิ์แตกต่างกับลักษณะของรูปแบบ (Style) และรูปแบบตามสมัย (Fashion) ดำรงอยู่ได้ตลอดไปเพราะเป็นวิทยาการของหลักการและกฎเกณฑ์ของธรรมชาติ

ให้ดูตัวอย่างจากงานสถาปัตยกรรมในอดีต รูปและลักษณะถึงแม้จะก่อตัวเป็นสกุลช่างหรือแบบฉบับตามยุคสมัย มีการแปรเปลี่ยนไปตามสภาวะของความไม่คงเที่ยง แต่ระบบโครงสร้างเท่านั้นที่ดำรงอยู่

ระบบโครงสร้างเป็นระบบที่ได้จากเหตุผลของการใช้วัสดุและวิธีการก่อสร้างเป็นรากฐานให้แก่งานศิลปกรรมทั้งหลาย ดังคำกล่าวของ "Aristotle" ปราชญ์ผู้หนึ่งในอดีตได้กล่าวไว้ว่า "A Work of Art Involves A True Course of Reasoning"

ในการวิเคราะห์ คุณลักษณะ (Value Analysis) ของสถาปัตยกรรมไทยในอดีตอาจกล่าวได้ว่ามีความเป็นเลิศ ในระบบโครงสร้างและระบบการก่อสร้าง แต่มีความเป็นรองในมาตรฐานของวัสดุก่อสร้าง (เฉพาะวัสดุก่อ) และวิธีการก่อสร้าง งานสถาปัตยกรรมไทยจึงจำเป็นต้องอาศัยงานศิลปกรรมตกแต่งหลายสาขาเข้ามาช่วยเสริมให้เกิดความเป็นเลิศขึ้นได้ ในลักษณะของความมีระบบด้วยเช่นกัน ข้อที่ควรสังเกตก็คือ การเข้ามาช่วยเสริมของงานศิลปกรรมนั้น ไม่มีการปกปิดบิดเบือนลักษณะโครงสร้าง ยังได้ดำรงไว้ของการแสดงออกในระบบโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้อย่างชัดเจนในคุณลักษณะของความพิสุทธิ์ระหว่างสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมโครงสร้าง

บ้านไทยภาคกลางมีสิ่งที่ควรสังเกตในด้านวิชาการ นอกจากการประกอบฝาเข้ากับโครงสร้างจะเป็นไปในลักษณะระบบอุตสาหกรรมแล้ว ลักษณะโครงจั่ว จะมีลักษณะในการวิเคราะห์แรงเช่นเดียวกับโครงถัก (Truss) ในปัจจุบันคือเป็นโครงใน 2 มิติที่ใช้สูตรของ Statics ในการวิเคราะห์แรง โดยเราสังเกตได้จากรายละเอียดข้อต่อ (Joints) ของโครงจั่ว จะเป็นการบังเอิญหรือสร้างสรรค์โดยความเป็นอัจฉริยะของช่างไทยในสมัยโบราณก็เป็นได้

ความดีเด่นของระบบโครงสร้างในงานสถาปัตยกรรมไทย จะเป็นประเภทพักอาศัย เป็นระบบโครงสร้างที่สมบูรณ์ในด้านการทรงตัว (Stability) ด้วยกันทั้งสิ้น ได้แก่การแสดงออกของศูนย์กลางความถ่วงของพื้นที่ราบรับน้ำหนัก ในการออกแบบแผนผังโดยชัดเจน มีลักษณะสมดุลในพื้นที่ สิ่งนี้เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งในทฤษฎีโครงสร้าง

ในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงในด้านลักษณะของการใช้สอย และมีวัสดุผลิตทางอุตสาหกรรมเกิดขึ้นมากมายทำให้เกิดขึ้นมากมายทำให้เกิดวิธีการใหม่ๆ มากขึ้น อุปกรณ์อาคารที่ใช้กับอาคารก็มีมากประเภทด้วยกัน จึงเป็นความจำเป็นสำหรับสถาปนิกที่จะต้องศึกษาคุณสมบัติและคุณลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของวัสดุผลิตทางอุตสาหกรรม และ ระบบอุปกรณ์อาคารด้านต่างๆร่วมกับการพิจารณาในงานออกแบบทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมโครงสร้าง

จากผลที่ปรากฏอยู่เสมอว่าอาคารที่มีการออกแบบโดยปราศจากระบบหรือหย่อนในระบบทั้งงานสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมโครงสร้างย่อมทำให้งานวิทยาการด้านอุปกรณ์อาคารไร้ระบบหรือหย่อนในระบบไปด้วย

สำหรับเฉพาะโครงสร้างอาจมีระบบสมบูรณ์แต่ถ้าระบบนั้นไม่เอื้ออำนวยงานวิทยาการสาขาอื่นๆ ให้เป็นไปได้ในลักษณะความสมบูรณ์ในระบบร่วมกัน อาคารนั้นก็จะเป็นอาคารในความหมายของ "อาคารที่ดี" ในสังคมเทคโนโลยี (Technology Society) ไม่ได้

อาคารที่มีคุณลักษณะ น่าสนใจ, ดูสวยงาม, ดึงดูดปวงชน จึงมิได้เป็นอาคารที่ดีเสมอไปมีสถาปนิกบางท่านมองงานสถาปัตยกรรมแต่เพียงในด้าน สุนทรียลักษณะ ย่อมมองไม่เห็นความสำคัญในด้านวิทยาการด้านอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์ต่อกันและมีความเกี่ยวข้องกัน ฉะนั้น งานสถาปัตยกรรมประเภทนั้นจะแสดงออกซึ่งคุณลักษณะของงานศิลปกรรมที่ปราศจากสัจจะและความเข้าใจระบบโครงสร้างและวิทยาการสาขาอื่นๆ

มองย้อนไปสู่อดีต ในทุกประเทศและในทุกยุคสมัยไม่มีผู้ใดสร้างสรรค์งานสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่าได้โดยมิได้มีการพิจารณาร่วมวิทยาการสาขาอื่นๆ ฉะนั้นงานสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่าในสมัยโบราณจึงมีลักษณะของการมีสัจจะต่อระบบโครงสร้างโดยชัดเจน

ในปัจจุบันได้มีวิศวกรวิทยาการอาคารด้านต่างๆ เคยปรารภให้ข้าพเจ้าทราบถึงความขมขื่นที่ถูกสถาปนิกขืนใจให้กระทำตามในลักษณะของงานที่ไร้ระบบหรือหย่อนในระบบที่ไร้คุณภาพอยู่เสมอ เช่น ตัวอย่างการที่ไม่มีการเตรียมเนื้อที่และช่องว่างให้พอเพียงกับการปฏิบัติงานอุปกรณ์อาคาร หรือขนาดหน้าตัดขอบท่ออากาศเย็นจำเป็นต้องออกแบบให้มีลักษณะและขนาดที่ไม่ให้สิ่งที่น่าจะเป็นข้อสังวรไม่ให้ผลอย่างมีประสิทธิภาพต่ออาคารเป็นต้น สำหรับสถาปนิกผู้ประกอบอาชีพงานสถาปัตยกรรมในประเทศเรา

"ยามาเซกิ" สถาปนิกอเมริกันเชื้อสายญี่ปุ่นได้เคยกล่าวกับข้าพเจ้า เมื่อประมาณเกือบ 20 ปีล่วงมาแล้ว เมื่อครั้งที่ท่านได้มีโอกาสมาเยี่ยมคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร มีใจความว่า "ในช่วงแรกๆ ของการปฏิบัติงานวิชาชีพสถาปัตยกรรมได้เคยคิดว่าระบบโครงสร้างมีความสำคัญเป็นรองต่อการพิจารณาด้านการใช้สอยและความงาม" แต่ในระยะช่วงหลังของการปฏิบัติงานหลังจากที่ได้พบประสบการณ์ต่างๆ ความคิดของข้าพเจ้าได้เปลี่ยนไปและได้ให้ความสำคัญต่อระบบโครงสร้างเป็นอันดับแรกควบคู่ไปกับงานออกแบบทางสถาปัตยกรรม

มีอาคารอยู่ 2 ประเภท คือประเภทอาคารเตี้ย (Low Rise) และอาคารสูง (High Rise) สำหรับประเภท Low Rise การไม่สมบูรณ์ในระบบไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่โครงสร้าง และวิทยาการอาคารสาขาต่างๆ มากเท่ากับอาคาร High Rise ทั้งผู้รับความเสียหายก็จะเป็นไปใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะส่วนบุคคลมากกว่าโดยเฉพาะอาคารพักอาศัยเดี่ยวบุคคลในลักษณะของปัจเจกภาพเป็นผู้อาศัยอยู่มีความพอใจในผลที่ได้รับทางสุนทรีย์หรือผลทางอารมณ์ซึ่งเป็นเอกลักษณะเฉพาะบุคคล

การพิจารณาด้านวิศวกรรมโครงสร้างอาคารที่แผ่ไปทางแนวราบ โอกาสของการพลิกล้ม (Overturning) ย่อมมีน้อยกว่าอาคารสูง

งานสถาปัตยกรรมในแนวความคิดของ "Mies Van Der Rohe" เท่านั้น ที่ให้ความสำคัญต่อระบบโครงสร้าง ในอาคารทั้ง 2 ประเภท เพราะมีความเชื่อว่า โครงสร้างเท่านั้นที่ดำรงอยู่ได้ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบ (Style) และรูปตามสมัย (Fashion) ตามสภาวะไม่เที่ยง (Un-stable and Changeable) ของสิ่งที่เป็นมายา (Illusion)

สำหรับอาคารประเภท High Rise เป็นประเภทที่ต้องให้ความสำคัญแก่ระบบโครงสร้างมากที่สุด การหย่อนในระบบการไร้ระบบ นำความเสียหายมาสู่อาคารได้ในทุกกรณี และทำให้เกิดการหย่อนในคุณสมบัติของโครงสร้าง

การหย่อนในระบบการไร้ระบบของงานวิทยาการด้านอื่นๆ จะตามมาเป็นลูกโซ่ซึ่งก่อให้เกิดการหย่อนในประสิทธิภาพของการใช้งานในด้านต่างๆ ได้

สำหรับความเสียหายที่เกิดแก่โครงสร้างอาคารจะเกิดจากแรงกระทำภายนอก (External Forces) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งได้แก่แรงลมแรงพายุ แรงจากแผ่นดินไหว เป็นต้น แรงกระทำภายใน (Internal Forces) ที่เกิดขึ้นต่ออาคาร ซึ่งได้แก่ Dead load และ Live Load นั้น วิศวกรโครงสร้างสามารถควบคุมความปลอดภัยให้แก่โครงสร้างได้ง่ายกว่าแรงกระทำภายนอก

แรงกระทำภายนอก กระทำต่ออาคารเวลาใดเป็นปริมาณเท่าใดและทิศทางใดไม่สามารถที่จะรู้แน่นอนได้

สำหรับอาคารไร้ระบบจะมีความสามารถต้านแรงกระทำภายนอกได้น้อยกว่าและหาทางป้องกันได้ยากกว่าอาคารที่มีระบบโครงสร้างสมบูรณ์

ระบบโครงสร้างที่สมบูรณ์แบบมีมากระบบ แต่ละระบบต่างมีความเหมาะสมกับวัสดุแต่ละประเภท และต่างมีความแตกต่างกันในข้อได้เปรียบและเสียเปรียบ (Advantages and Disadvantages) ในการออกแบบงานสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมโครงสร้างการวิเคราะห์เปรียบเทียบ(Weight and Analysis)จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เฉพาะในกรณีที่งานสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมโครงสร้างมีความพิสุทธิ์ในระบบในวัสดุและวิธีการก่อสร้างร่วมกัน

การวิเคราะห์โครงสร้าง (Structural Analysis) มิได้หมายถึงการวิเคราะห์โดยหาคำตอบจากการคำนวณแต่เพียงอย่างเดียว แต่หมายถึง การวิเคราะห์ทางด้านพฤติกรรมโครงสร้าง (Structural Behavior) ด้วย

รูปแบบและระบบโครงสร้างบางประเภทเราไม่สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยการคำนวณจากสูตรแต่เราจะได้จากการทดลองและทดสอบจากหุ่นจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบทางสถาปัตยกรรมที่มีระบบโครงสร้างสมบูรณ์ แต่ขาดความเข้าใจในภาวะธรรมชาติของโครงสร้าง ย่อมนำความเสียหายมาสู่อาคารได้ เช่นการนำ Dynamic Form มาใช้กับสภาวะที่เป็น Static โดยขาดความเข้าใจในเรื่อง Connection Joints ที่เหมาะสมกับ Form แต่ละสภาวะย่อมเป็นสาเหตุให้อาคารพังพินาศ (Collapse) ได้ ดังได้มีตัวอย่างแล้วในประเทศเยอรมันนี (จากข่าว U.P.)

การออกแบบโครงสร้างในลักษณะของมวล (Mass) และที่ว่าง (Space) จะมีลักษณะเป็น Symmetry หรือไม่ก็ตาม จำเป็นต้องมีความสมดุลในน้ำหนักของตัวโครงสร้างและจะต้องเป็นรูปลักษณะที่หาจุดศูนย์กลางความถ่วงได้โดยชัดเจน จึงจะเป็นโครงสร้างที่มีความปลอดภัยจากการพลิกล้ม (Over turning)

ความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Mass, Space and Gravity Force จึงมีความจำเป็นสำหรับสถาปนิกและวิศวกรโครงสร้าง

ความสมบูรณ์แบบในเทคนิควิทยาการ (Technology) ของทุกๆ สาขาร่วมกันดูเสมือนจะเป็นความฝันอันสูงสุดที่ยากต่อการปฏิบัติ (Idealistic) แต่ก็ไม่เหลือวิสัยสำหรับผู้ที่ปรารถนาที่จะเข้าถึงใน **คุณค่าของความพิสุทธิ์ในงานสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมโครงสร้างร่วมกัน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

จุดประสงค์การเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์การเรียนรู้
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

บทเรียนเรื่อง	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ชนิดของวัตถุประสงค์
หน่วยที่ 1 การเตรียมงานก่อสร้างอาคาร	1. รู้กระบวนการการเตรียมการก่อนการก่อสร้าง	
	1.1 สามารถบอกความสำคัญของการจัดเตรียมสถานที่ที่จะทำการก่อสร้างได้	ความรู้
	1.2 สามารถจำแนกประเภทของสาธารณะประโยชน์และโครงสร้างชั่วคราวได้	ความรู้
	1.3 สามารถบอกหลักการจัดเตรียมบุคลากรและแผนปฏิบัติงานได้	ความรู้
	2. รู้กระบวนการเตรียมการในระหว่างทำการก่อสร้าง	
	2.1 สามารถระบุความสัมพันธ์ของผู้เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างได้	ความเข้าใจ
	2.2 สามารถบอกองค์ประกอบของแบบขยายจริงและแบบทำจริงได้	ความรู้
	2.3 สามารถระบุมาตรการรักษาความปลอดภัยในงานก่อสร้างได้	ความรู้
	2.4 สามารถบอกวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับสุขลักษณะการรักษาพยาบาล และการศึกษาในเขตงานได้	ความรู้
หน่วยที่ 2 ลักษณะโครงสร้างอาคาร	1. รู้ระบบโครงสร้างอาคาร	
	1.1 สามารถบอกลักษณะของระบบคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อกับที่ได้	ความรู้
	1.2 สามารถบอกลักษณะของระบบคอนกรีตหล่อสำเร็จได้	ความรู้
	1.3 สามารถบอกลักษณะของระบบคอนกรีตอัดแรงได้	ความรู้
	1.4 สามารถบอกลักษณะของระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณได้	ความรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทเรียนเรื่อง	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ชนิดของวัตถุประสงค์
หน่วยที่ 2 ลักษณะโครงสร้างอาคาร	2. เข้าใจเกี่ยวกับชนิดของโครงสร้าง	
	2.1 สามารถอธิบายลักษณะโครงสร้างพื้นกับคานได้	ความเข้าใจ
	2.2 สามารถอธิบายลักษณะโครงสร้างแผ่นพื้นไร้คานได้	ความเข้าใจ
	2.3 สามารถอธิบายลักษณะโครงข้อเหล็กได้	ความเข้าใจ
หน่วยที่ 3 โครงสร้างหลังคา	1. รู้หลักการของโครงข้อหมุน (Truss)	
	1.1 สามารถบอกลักษณะของ Platt Truss ได้	ความรู้
	1.2 สามารถบอกลักษณะของ Howe Truss ได้	ความรู้
	1.3 สามารถบอกลักษณะของ Fink Truss ได้	ความรู้
	2. รู้หลักการของโครงสามมิติ	
	2.1 สามารถบอกหลักการของโครงสามมิติได้	ความรู้
	3. รู้หลักการของโครงสร้างเปลือกบาง (Thin-Shell Structure)	
	3.1 สามารถบอกลักษณะเปลือกบางชนิดโค้งทางเดียวได้	ความรู้
	3.2 สามารถบอกลักษณะเปลือกบางชนิดโค้งสองทางได้	ความรู้
	3.3 สามารถบอกลักษณะเปลือกบางชนิดหมุนรอบแกนได้	ความรู้
หน่วยที่ 4 รอยต่ออาคาร	1. เข้าใจวิธีการออกแบบรอยต่ออาคารอาคารที่มีความกว้างมาก	
	1.1 สามารถอธิบายการยืดหดตัวของอาคารได้	ความเข้าใจ
	1.2 สามารถอธิบายวิธีการวิบัติที่เกิดขึ้นจากการยืดหดตัวของอาคารได้	ความเข้าใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทเรียนเรื่อง	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ชนิดของวัตถุประสงค์
	1.3 สามารถอธิบายหลักการแบ่ง Construction Joint ในอาคารได้	ความเข้าใจ
	2. เข้าใจวิธีการออกแบบรอยต่อสำหรับอาคารสูง	
	2.1 สามารถอธิบายองค์ประกอบการทรุดตัวของอาคารได้	ความเข้าใจ
	2.2 สามารถอธิบายข้อพิจารณาในการก่อสร้างอาคารที่มีได้ความสูงแตกต่างกัน	ความเข้าใจ
หน่วยที่ 5 การก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป	1. เข้าใจประวัติความเป็นมาของอาคารสำเร็จรูป	
	1.1 สามารถอธิบายประวัติอาคารสำเร็จรูปในต่างประเทศได้	ความเข้าใจ
	2. เข้าใจข้อพิจารณาในการออกแบบอาคารสำเร็จรูป	
	2.1 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของอาคารสำเร็จรูปกับระบบอุตสาหกรรม	ความเข้าใจ
	2.2 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของอาคารสำเร็จรูปกับระบบประสานทางพิกัดได้	ความเข้าใจ
	3. เข้าใจข้อพิจารณาเลือกใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป	
	3.1 สามารถอธิบายการเลือกใช้ฐานรากสำเร็จรูปได้	ความเข้าใจ
	3.2 สามารถอธิบายการเลือกใช้เสาเข็มสำเร็จรูปได้	ความเข้าใจ
	3.3 สามารถอธิบายการเลือกใช้พื้นสำเร็จรูปได้	ความเข้าใจ
	3.4 สามารถอธิบายการเลือกใช้ประตู-หน้าต่างสำเร็จรูปได้	ความเข้าใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทเรียนเรื่อง	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ชนิดของวัตถุประสงค์
หน่วยที่ 6 เครื่องทุ่นแรงและการติดตั้ง	1. เข้าใจการทำงานของเครื่องจักรสำหรับงานดิน	
	1.1 สามารถอธิบายหลักการทำงานของเครื่องจักรสำหรับงานขุดได้	ความเข้าใจ
	1.2 สามารถอธิบายหลักการทำงานของเครื่องจักรสำหรับงานเคลื่อนย้ายดิน	ความเข้าใจ
	1.3 สามารถอธิบายหลักการทำงานของเครื่องจักรในการบดอัด	ความเข้าใจ
	2. เข้าใจการทำงานของเครื่องจักรสำหรับงานคอนกรีต	
	2.1 สามารถอธิบายการทำงานของเครื่องชั่งส่วนผสมคอนกรีต	ความเข้าใจ
	2.2 สามารถอธิบายการทำงานของเครื่องจักรผสมคอนกรีต	ความเข้าใจ
	2.3 สามารถอธิบายการทำงานของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการขนส่งคอนกรีตได้	ความเข้าใจ
	3. เข้าใจการทำงานของเครื่องจักรและเครื่องทุ่นแรงสำหรับงานยก งานติดตั้งและเคลื่อนย้าย	
	3.1 สามารถอธิบายประเภทของรถยกและอุปกรณ์ได้	ความเข้าใจ
	3.2 สามารถอธิบายประเภทของกว้านได้	ความเข้าใจ
หน่วยที่ 7 เทคโนโลยีการก่อสร้างกับงานสถาปัตยกรรม	1. เข้าใจรูปแบบงานสถาปัตยกรรมที่เกิดจากเทคโนโลยีการก่อสร้าง	
	1.1 สามารถอธิบายงานสถาปัตยกรรมในอดีตที่เกิดขึ้นจากเทคโนโลยีการก่อสร้างในยุคนั้น	ความเข้าใจ
	1.2 สามารถอธิบายการเลือกระบบโครงสร้างให้เหมาะสมกับงาน	ความเข้าใจ
	2. รู้ผลกระทบจากระบบโครงสร้าง	
	2.1 สามารถบอกผลกระทบจากระบบโครงสร้างจากความต้องการทางสถาปัตยกรรม	ความรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม

คำชี้แจง

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม มีทั้งหมด 80 ข้อ เป็นคำถามชนิด 4 ตัวเลือก แต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว โดยทำเครื่องหมาย ✕ ทับอักษรที่ต้องการ ในกรณีเปลี่ยนคำตอบให้นักเรียนทำเครื่องหมาย * ทับตัวอักษรที่ไม่ต้องการแล้วเลือกตอบใหม่ ในการสอบครั้งนี้ใช้เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

คำแนะนำ

1. ถ้าพบข้อยากให้ผ่านไปก่อน แล้วค่อยย้อนกลับมาทำใหม่ โดยคำนึงถึงเวลาที่กำหนด
2. ขอให้ตั้งใจทำและโชคดีในการทำข้อสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด

หน่วยที่ 1 การเตรียมงานก่อสร้างอาคาร จำนวน 10 ข้อ

1. ข้อใดคือประโยชน์ของการสำรวจสถานที่ก่อนที่จะกำหนดผังงานชั่วคราว (วัดความรู้)
   ก. เพื่อให้ทราบตำแหน่งก่อสร้างอาคาร
   ข. เพื่อที่จะทำให้คุ้นเคยต่อสภาพแวดล้อม
   ค. เพื่อกำหนดทางเข้าออกไปสู่บริเวณสถานที่ก่อสร้าง
   ง. เพื่อเก็บกวาดทำความสะอาดบริเวณสถานที่ก่อสร้าง
2. สิ่งปลูกสร้างใดอยู่ในขั้นตอนของการดำเนินการผังบริเวณชั่วคราว (วัดความรู้)
   ก. โรงงาน
   ข. โครงสร้างอาคาร
   ค. สวนสาธารณะ
   ง. สำนักงานสนาม
3. สำนักงานสนามไม่ได้รองรับการใช้สอยในข้อใด (วัดความรู้)
   ก. ใช้เป็นที่พักผ่อนสำหรับคนงาน
   ข. ใช้สำหรับวางแผนงาน
   ค. ใช้สำหรับประชุมเจ้าหน้าที่สนาม
   ง. ใช้สำหรับพบปะระหว่างเจ้าของโครงการกับผู้รับเหมา
4. ข้อใดคืองานสาธารณูปโภคชั่วคราวในงานก่อสร้าง (วัดความรู้)
   ก. ยานพาหนะ
   ข. สวนสาธารณะ
   ค. สำนักงานสนาม
   ง. เพิงพักผ่อน
5. หลักสำคัญในการคำนึงถึงในการทำถนนชั่วคราวคืออะไร (วัดความรู้)
   ก. เพื่อความสวยงาม
   ข. เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการขนส่งในบริเวณก่อสร้าง
   ค. ป้องกันวัสดุก่อสร้างที่ขนมาเสียหาย
   ง. ป้องกันการเกิดการสับสนในที่ก่อสร้าง
6. ข้อใดไม่ใช่กลุ่มบุคลากรที่จำเป็นต้องจัดเตรียมก่อนการก่อสร้าง (วัดความรู้)
   ก. กลุ่มผู้ชำนาญพิเศษ
   ข. กลุ่มพนักงานดูแลทำความสะอาด
   ค. กลุ่มช่างและคนงานทั่วไป
   ง. กลุ่มประจำองค์การของผู้รับจ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กลุ่มบุคคลากรข้อใดจัดอยู่กลุ่มผู้ชำนาญพิเศษ (วัดความรู้)

ก. พยาบาล

ข. หัวหน้าช่างและคนงาน ที่อยู่ภายใต้ผู้รับเหมา

ค. พนักงานด้านธุรการ ดูแลด้านบัญชี การเงิน บุคคล พัสดุ

ง. แม่บ้าน ยามรักษาการ

8. ข้อใดไม่ใช่สิ่งสำคัญที่ผู้วิเคราะห์ราคาใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดราคาในการทำแบบขยายจริง (วัดความรู้)

ก. ปริมาณงานและจำนวนบุคลากรที่ต้องใช้

ข. ระยะเวลาที่ต้องทำแบบขยายจริง

ค. เครื่องมือและอุปกรณ์ทำแบบขยายจริง

ง. เครื่องมือในการก่อสร้าง

9. ข้อใดไม่ใช่สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง (วัดความรู้)

ก. ตอกเข็มกลางทิ้งไว้โดยไม่ป้องกัน

ข. ปั้นจั่นยกของยกน้ำหนักมากเกินไป

ค. การดัดแปลงโครงนั่งร้านและค้ำยัน

ง. ถอดแบบหล่อคอนกรีตตามกำหนด

10. การจัดให้มีห้องปฐมพยาบาลควรคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ยกเว้นข้อใด (วัดความรู้)

ก. คำนึงปริมาณคนงานช่างและผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้าง

ข. ระยะเวลาสำหรับการก่อสร้าง

ค. โครงสร้างต้องแข็งแรง และถาวร

ง. บริเวณสถานที่ก่อสร้าง

หน่วยที่ 2 ลักษณะโครงสร้างอาคาร จำนวน 10 ข้อ (วัดความรู้)

11. เหล็กเสริม SD-50 หมายถึงข้อใด

ก. เหล็กเส้นกลมที่มีกำลังที่จุดคลาก = 50 Kg/ตร.ซม.

ข. เหล็กข้ออ้อยที่มีกำลังที่จุดคลาก = 50 Kg/ตร.ซม.

ค. เหล็กเส้นกลมที่มีกำลังที่จุดคลาก = 5000 Kg/ตร.ซม.

ง. เหล็กข้ออ้อยที่มีกำลังที่จุดคลาก = 5000Kg/ตร.ซม.

12. ข้อใดคือสิ่งที่ควรพิจารณาเป็นพิเศษในการเลือกใช้ระบบคอนกรีตหล่อสำเร็จ (วัดความรู้)

ก. ความสามารถ และความชำนาญของผู้รับเหมาก่อสร้าง

ข. ประเภทของอาคาร

ค. ระยะเวลาการทำงาน

ง. ทำให้เกิดความสวยงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. Pretension หมายถึงข้อใด (วัดความรู้)

ก. คอนกรีตอัดแรงชนิดอัดแรงก่อนเทคอนกรีต

ข. คอนกรีตอัดแรงชนิดอัดแรงหลังเทคอนกรีต

ค. คอนกรีตเสริมเหล็กหล่อกับที่ที่เสริมเหล็กมากขึ้น

ง. คอนกรีตหล่อสำเร็จ

14. ข้อใดไม่ใช่ลักษณะของเหล็กรูปพรรณ (วัดความรู้)

ก. รูปตัว I

ข. รูปตัว L

ค. รูปตัว C

ง. รูปตัว O

15. ข้อใดคือความหมายของ One-Way Slab (วัดความเข้าใจ)

ก. แผ่นพื้นที่มีคานหลักเพียงสองข้าง

ข. แผ่นพื้นที่ประกอบด้วยคานหลักสี่ข้างเป็นกรอบ

ค. แผ่นพื้นกระทงประกอบด้วยคานซอยตัดกันเป็นตะแกรง

ง. พื้นที่มีคานซอย หรือตงพาดบนคานหลักทางเดียว 2 ทาง

16. ข้อใดคือความหมายของ Two-Way Slab (วัดความเข้าใจ)

ก. แผ่นพื้นที่มีคานหลักเพียงสองข้าง

ข. แผ่นพื้นที่ประกอบด้วยคานหลักสี่ข้างเป็นกรอบ

ค. แผ่นพื้นกระทงประกอบด้วยคานซอยตัดกันเป็นตะแกรง

ง. พื้นที่มีคานซอย หรือตงพาดบนคานหลักทางเดียว 2 ทาง

17. ข้อใดคือประโยชน์ของแผ่นพื้นไร้คาน (วัดความเข้าใจ)

ก. ความหนาของโครงสร้างพื้นน้อยมาก

ข. ง่ายในการติดตั้ง

ค. ใช้เหล็กน้อยกว่าแผ่นพื้นปกติ

ง. รับแรงได้ดีกว่าแบบเสาและคาน

18. การทำ Drop Panel มีไว้เพื่ออะไร (วัดความเข้าใจ)

ก. เพื่อลดการโก่งตัวของพื้น

ข. ถ่ายแรงลมและโมเมนต์อันเกิดจากแรงลมเข้าเสาได้น้อย

ค. ป้องกันการเกิดแรงเฉือนที่บริเวณส่วนบนของเสา

ง. ช่วยเสาในการรับแรงกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. ข้อใดคือข้อดีของระบบโครงสร้างเหล็ก (วัดความเข้าใจ)

ก. ราคาถูก

ข. ป้องกันไฟได้ดี

ค. สะดวกรวดเร็วในการก่อสร้าง

ง. ทนต่อแรงอัดได้ดี

20. อาคารประเภทใดที่เหมาะสมที่จะใช้โครงข้อแข็ง (วัดความเข้าใจ)

ก. โรงเรียน

ข. บ้านพักอาศัย

ค. โกดังสินค้า

ง. อาคารพาณิชย์

หน่วยที่ 3 โครงสร้างหลังคา จำนวน 15 ข้อ

21. ข้อใดคือโครงสร้างพื้นฐานของ Truss (วัดความรู้)

ก. โครงคันธนู

ข. โครงแบบเฉียง

ค. โครงรูปจั่วปลายแหลม

ง. โครงรูปแบบเพิงหมาแหงน

22. จากรูปดังกล่าวจัดเป็น Member ระบบใด (วัดความรู้)

ก. แบบวอเรน

ข. แบบเบลเจียน

ค. แบบแพรทท์

ง. แบบเฮา

23. จากรูปดังกล่าวจัดเป็น Member ระบบใด (วัดความรู้)

ก. แบบวอเรน

ข. แบบเบลเจียน

ค. แบบแพรทท์

ง. แบบพิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24. จากรูปดังกล่าวจัดเป็น Member ระบบใด (วัดความรู้)

ก. แบบวอเรน

ข. แบบเบลเจียน

ค. แบบแพรทท์

ง. แบบเฮา

25. จากรูปดังกล่าวจัดเป็น Member ระบบใด (วัดความรู้)

ก. แบบวอเรน

ข. แบบเบลเจียน

ค. แบบแพรทท์

ง. แบบฟิงค์

26. จากรูปดังกล่าวจัดเป็น Member ระบบใด (วัดความรู้)

ก. แบบวอเรน

ข. แบบเบลเจียน

ค. แบบแพรทท์

ง. แบบเฮา

27. ระบบการจัด Members โครงสร้างหลังคา แบ่งออกเป็นกี่ระบบ (วัดความรู้)

ก. 2 ระบบ

ข. 3 ระบบ

ค. 4 ระบบ

ง. 5 ระบบ

28. ข้อใดคือคุณสมบัติของเหล็ก (วัดความรู้)

ก. จุดล้า (Yield Point) สูงถึง 2250 กก./ซม^2

ข. มีแรงประลัยถึง 2500 กก./ ซม^2

ค. ทนสนิมได้ดี

ง. ความเค้นใช้งาน 2200 กก./ซม^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

29. โดยทั่วไปอลูมิเนียมมีแรงประลัยเท่ากับข้อใด (วัดความรู้)

ก. 3,200-4,000

ข. 4,200-5,000

ค. 5,200-6,000

ง. 6,200-7,000

30. Upper Chord หมายถึงข้อใด (วัดความรู้)

ก. โครงท่อนตัวนอนซึ่งเป็นตัวบนของ Truss ทำหน้าที่รับแรงอัดเปรียบเหมือนจันทัน

ข. โครงท่อนที่วางตั้งตามแนวดิ่งทำหน้าที่รับแรงอัดเปรียบเหมือนตัวตุ๊กตา

ค. โครงท่อนที่วางเฉียงตามแนวดิ่งทำหน้าที่รับแรงดึง

ง. โครงท่อนตัวล่างที่วางตามแนวนอน ทำหน้าที่รับแรงดึงเปรียบเหมือนขื่อ

31. Diagonal Members หมายถึงข้อใด (วัดความรู้)

ก. โครงท่อนตัวนอนซึ่งเป็นตัวบนของ Truss ทำหน้าที่รับแรงอัดเปรียบเหมือนจันทัน

ข. โครงท่อนที่วางตั้งตามแนวดิ่งทำหน้าที่รับแรงอัดเปรียบเหมือนตัวตุ๊กตา

ค. โครงท่อนที่วางเฉียงตามแนวดิ่งทำหน้าที่รับแรงดึง

ง. โครงท่อนตัวล่างที่วางตามแนวนอน ทำหน้าที่รับแรงดึงเปรียบเหมือนขื่อ

32. ข้อใดกล่าวถึงโครงสร้างระบบ 3 มิติได้ถูกต้อง (วัดความรู้)

ก. รูปแบบเป็นโครงสร้างแบบ One-Way Span

ข. สามารถถ่ายเทแรงน้ำหนักได้ 2 ทิศทาง

ค. ระบบโครงสร้างที่ประกอบด้วยโครงข่ายของชิ้นส่วนและรับแรงได้ทุกทิศทาง

ง. ยึดหลักเกณฑ์ทางเลขาคณิตอย่างสมบูรณ์

33. ข้อใดคือลักษณะของโครงสร้างเปลือกบาง (วัดความรู้)

ก. ส่วนมากมักจะเป็น Tensile

ข. มิติหนึ่งจะต้องน้อยกว่าอีกสองมิติมาก ๆ

ค. ราคาค่าทำแบบหล่อค่อนข้างถูก

ง. Membrane Stress ส่วนใหญ่เป็นแรงดึง

34. ข้อใดคือลักษณะเฉพาะของหลังคาเปลือกบางชนิดโค้งสองทาง (วัดความรู้)

ก. โครงสร้างมีลักษณะเหมือนคานแรงส่วนใหญ่เป็นโมเมนต์ดัดเช่นเดียวกัน

ข. หลังคารูปนี้จะโค้งด้านหนึ่ง ส่วนอีกด้านหนึ่งตรง ทั่วไปด้านโค้งมักมีลักษณะเป็นส่วนหนึ่งของวงกลม

ค. รูปแบบ Paraboloid, Elliptic Paraboloid, Hyperbolic Paraboloid, Conoid

ง. เป็นลักษณะโดม (Domes) กรวย (Cone) Hyperboloid, ถังทรงกระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

35. ข้อใดคือลักษณะของหลังคาเปลือกบางชนิดหมุนรอบแกน (วัดความรู้)

ก. โครงสร้างมีลักษณะเหมือนคานแรงส่วนใหญ่เป็นโมเมนต์ดัดเช่นเดียวกัน

ข. หลังคาจะโค้งด้านหนึ่ง ส่วนอีกด้านหนึ่งตรง ด้านโค้งมักมีลักษณะเป็นส่วนหนึ่งของวงกลม

ค. รูปแบบ Paraboloid, Elliptic Paraboloid, Hyperbolic Paraboloid, Conoid

ง. เป็นลักษณะโดม, กรวย, Hyperboloid, ถังทรงกระบอก

หน่วยที่ 4 รอยต่อของอาคาร จำนวน 15 ข้อ

36. การวิบัติที่เกิดจากการยืดหดตัวของอาคารช่วงกว้างมาจากสาเหตุใด (วัดความเข้าใจ)

ก. มีช่วงห่างระหว่างเสามาก

ข. หล่อพื้นคอนกรีตต่อเนื่องเป็นแนวยาว

ค. เพิ่มการเสริมเหล็ก Temperature Steel

ง. มีช่องเปิดมากเกินไป

37. ข้อใดคือสิ่งสำคัญที่ควรคำนึงในการออกแบบอาคารขนาดใหญ่ (วัดความเข้าใจ)

ก. แรงที่เกิดจากครุภัณฑ์

ข. แรงดันของน้ำและดิน

ค. แรงที่เกิดจากพฤติกรรมของมนุษย์

ง. แรงกดที่กระทำของตัวอาคาร

38. ข้อใดคือวิธีป้องกันการแตกร้าวอันจะเกิดกับอาคาร (วัดความเข้าใจ)

ก. ส่วนของอาคารที่ยาวมาก ๆ ควรทำรอยต่อให้พอดี

ข. เสริมเหล็กทางยาวให้มากพอเพื่อรับแรงอันจะเกิดจากการยืดหดตัว

ค. ควรออกแบบแผ่นพื้นตามแนวยาวให้มีความยาวต่อเนื่องกันมาก ๆ

ง. ควรเปิดให้แผ่นพื้น ค.ส.ล. ได้จะถูกแดดมาก ๆ

39. การแบ่ง Construction Joint เพื่อประโยชน์ตามข้อใด (วัดความเข้าใจ)

ก. เพื่อป้องกันการแตกร้าวของแผ่นพื้นผนัง และครีบ

ข. เพื่อควบคุมคุณภาพของคอนกรีตให้มีการยืดหดตัวน้อย

ค. เพื่อป้องกันการทรุดตัวของอาคาร

ง. เพื่อช่วยในการรับน้ำหนักของโครงสร้าง

40. ในการก่อสร้างอาคารสูงควรคำนึงถึงแรงอะไรเป็นสำคัญ (วัดความเข้าใจ)

ก. แรงที่เกิดจากฝน

ข. แรงที่เกิดจากรถยนต์วิ่งผ่านไป – มา

ค. แรงลม

ง. แรงที่เกิดจากการกัดเซาะของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

41. การทรุดตัวไม่เท่ากันของอาคารก่อให้เกิดผลอย่างใด (วัดความเข้าใจ)

ก. เกิดการโยกตัวไป – มาของอาคาร

ข. เกิดการสั่นสะเทือนอย่างต่อเนื่องภายในอาคาร

ค. เกิดการแตกร้าวถ้ามากอาจถึงขั้นวิบัติได้

ง. เกิดความไม่สม่ำเสมอของพื้น

42. ผนังชนิดใดเหมาะสมที่จะทำห้องใต้ดิน (วัดความเข้าใจ)

ก. Dry wall

ข. Brick wall

ค. Diaphram wall

ง. Curtain wall

43. ข้อใดคือลักษณะของรอยต่อคั่นพื้นฐาน (วัดความเข้าใจ)

ก. แบบต่อฟันปลา

ข. แบบชนประสาน

ค. แบบต่อเข้าปากกา

ง. แบบต่อเข้าปากคาบ

44. ประเภทรอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้างที่ใช้กับอาคารสำเร็จรูปดังข้อใด (วัดความเข้าใจ)

ก. ประเภทโครงสร้างผนังเบา

ข. ประเภทพื้นและคาน

ค. ประเภทโครงสร้างรับน้ำหนัก

ง. ประเภทโครงสร้างสำเร็จรูป

45. Life Slab System คือข้อใด (วัดความเข้าใจ)

ก. ระบบพื้นที่รับน้ำหนักบรรทุกได้มาก

ข. ระบบพื้นที่รับน้ำหนักได้น้อย

ค. ระบบพื้นที่หล่อแยกชิ้นออกจากกัน

ง. ระบบที่ใช้วิธีหล่อพื้นของอาคารทั้งหลังติดต่อกันตลอดเป็นผืนเดียวกัน

46. ข้อใดคือหลักพิจารณาในการออกแบบรอยต่อส่วนประกอบโครงสร้าง (วัดความเข้าใจ)

ก. ฝีมือช่าง

ข. ระยะเวลาในการดำเนินการ

ค. วิธีการต่อ หรือการประสานรอยต่อ

ง. ความสวยงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

47. การออกแบบรอยต่อส่วนประกอบโครงสร้างควรพิจารณาดังข้อใด (วัดความเข้าใจ)

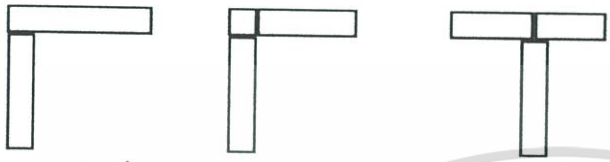
ก. ลักษณะพื้นที่

ข. วิธีการต่อ หรือการประสานรอยต่อ

ค. น้ำหนักของโครงสร้าง

ง. ความสวยงาม

48. จากรูปเป็นลักษณะการต่อแบบใด (วัดความเข้าใจ)



ก. แบบต่อชน

ข. แบบต่อเข้าปากคาบ

ค. แบบต่อเข้าปากกบ

ง. แบบต่อเข้าลิ้นราง

49. จากรูปเป็นลักษณะการต่อแบบใด (วัดความเข้าใจ)

ก. แบบต่อชน

ข. แบบต่อเข้าปากคาบ

ค. แบบต่อเข้าปากกบ

ง. แบบต่อเข้าลิ้นราง

50. จากรูปเป็นลักษณะการต่อแบบใด (วัดความเข้าใจ)

ก. แบบต่อชน

ข. แบบต่อเข้าปากคาบ

ค. แบบต่อเข้าปากกบ

ง. แบบต่อเข้าลิ้นราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 5 การก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป จำนวน 10 ข้อ

51. สาเหตุในการริเริ่มการก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม (วัดความเข้าใจ)

ก. เกิดจากความก้าวหน้าในระบบอุตสาหกรรม

ข. เกิดความต้องการที่พักอาศัยเป็นจำนวนมากหลังสงครามโลกครั้งที่ 2

ค. มีขนาดพื้นที่ที่จำกัด

ง. มีนายทุนสนับสนุนในการผลิตเทคโนโลยีใหม่ ๆ

52. ข้อใดคือปัญหาและอุปสรรคในการนำเอาระบบอุตสาหกรรมมาใช้ (วัดความเข้าใจ)

ก. ด้านอายุการใช้งาน

ข. ด้านแรงงาน ขาดแคลนแรงงาน

ค. ด้านการลงทุนในการลงทุนเริ่มต้นจะสูงกว่า

ง. การก่อสร้างเป็นไปได้ช้า

53. ข้อดีของการก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรมคือข้อใด (วัดความเข้าใจ)

ก. ดัดแปลงได้ง่าย

ข. การก่อสร้างรวดเร็ว

ค. สร้างผลกำไรได้มากขึ้น

ง. ง่ายต่อการขนส่ง

54. Dead Load และ Live Load คือแรงที่เกิดจากในข้อใด (วัดความเข้าใจ)

ก. แรงลม

ข. แรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

ค. แรงที่กระทำจากภายนอก

ง. แรงที่กระทำจากภายใน

55. ข้อเสียของการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมคือข้อใด (วัดความเข้าใจ)

ก. การขนส่งลำบาก

ข. เสียเวลาในการติดตั้งมาก

ค. เกิดปัญหาจากสภาพดินฟ้าอากาศในการก่อสร้าง

ง. ยากต่อการควบคุมระบบการทำงานให้เป็นไปตามกำหนดเวลา

56. ความสัมพันธ์ของอาคารสำเร็จรูปกับระบบประสานทางพิกัดได้ก่อให้เกิดประโยชน์ดังข้อใด (วัดความเข้าใจ)

ก. เพื่อที่จะประกอบส่วนต่าง ๆให้ประสานเข้าด้วยกันโดยไม่มีการเสริมแต่งและเสียเศษ

ข. ลดระยะเวลาในการดำเนินงาน

ค. ควบคุมการทำงานได้ง่าย

ง. เพื่อที่จะประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้ากันได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

57. ความยาวของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงขนาดเล็กรูปตัว T ขากว้าง 12 เซนติเมตรที่มีขายตามท้องตลาดคือข้อใด (วัดความเข้าใจ)

ก. 3 เมตร

ข. 5 เมตร

ค. 6 เมตร

ง. 8 เมตร

58. ข้อใดกล่าวถึงการค้ำยันคานรูปตัว T ที่ผิด (วัดความเข้าใจ)

ก. ความยาวคานไม่เกิน 1 เมตร ต้องค้ำหัวเสา

ข. ความยาวคานไม่เกิน 1 เมตร ไม่ต้องค้ำ

ค. ความยาวคาน 1-3 เมตร ให้ค้ำที่กลางคาน

ง. ความยาวคาน 3 เมตรขึ้นไป ค้ำ 2 จุดที่ 1 ใน 3 ของคาน

59. ข้อใดคือข้อดีของแผ่นคอนกรีตอัดแรง วี.พี. (วัดความเข้าใจ)

ก. ราคาถูก

ข. ค่อนข้างหนา

ค. มีลักษณะรูปแบบตายตัว

ง. ฉาบง่าย

60. ข้อใดไม่ใช่ขนาดมาตรฐานของบานประตูหน้าต่างสำเร็จรูป (วัดความเข้าใจ)

ก. บานประตู พี.วี.ซี. ขนาดกว้าง 70 ซม. สูง 2 เมตร

ข. บานประตูไม้อัดสักขนาดกว้าง 70 ซม. สูง 2 เมตร

ค. บานประตูไม้อัดสักขนาดกว้าง 80 ซม. สูง 2 เมตร

ง. บานประตูไม้อัดสักขนาดกว้าง 90 ซม. สูง 2 เมตร

หน่วยที่ 6 เครื่องทุ่นแรงและการติดตั้ง จำนวน 15 ข้อ

61. ข้อใดไม่ใช่ปัจจัยในการเลือกชนิดและขนาดของเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอน (วัดความเข้าใจ)

ก. สภาพของดิน

ข. ปริมาณงานและระยะเวลา

ค. ความยากง่ายในการซ่อมบำรุงรักษา

ง. แหล่งผลิตเครื่องจักร

62. อุปกรณ์สำหรับขุดข้อใดใช้ได้ดีกับงานขุดดินบนดินอ่อน แต่เคลื่อนตัวได้ช้า (วัดความเข้าใจ)

ก. Crawler-Mounted

ข. Whell-Mounted

ค. Truck-Mounted

ง. Walking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

63. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับการเปรียบเทียบรูปแบบของ Tractor ระหว่างแบบล้อยางและแบบสายพาน (วัดความเข้าใจ)

ก. แบบสายพานมีความคล่องตัวกว่ารวดเร็วกว่าแบบล้อยาง

ข. แบบล้อยางไม่เหมาะกับดินที่อ่อน มักจะ Slip ในขณะเร่งเครื่อง

ค. แบบล้อยางให้กำลังสูงกว่าเหมาะสำหรับใช้งานหนัก แต่มีราคาสูงกว่า

ง. การซ่อมแซมบำรุงรักษาแบบล้อยางยุ่งยากกว่าแบบสายพาน

64. รูปแบบของใบมีดที่เป็นอุปกรณ์ติดกับรถแทรกเตอร์คือข้อใด (วัดความเข้าใจ)

ก. แบบตีนเหยียด

ข. แบบหกเหลี่ยม

ค. แบบรองรับน้ำหนัก

ง. แบบกรรไกร

65. เครื่องมือประเภทของเครื่องบดอัดคือข้อใด (วัดความเข้าใจ)

ก. Hoist

ข. Whell-Mounted

ค. Plain Steel Vibratory

ง. Chicken Plate

66. ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการบดอัดดินโดยทั่วไปแล้วแบ่งออกเป็นกี่ประเภท (วัดความเข้าใจ)

ก. 4 ประเภท

ข. 5 ประเภท

ค. 6 ประเภท

ง. 7 ประเภท

67. ข้อใดไม่ใช่วิธีการบดอัดดินที่ใช้กัน (วัดความเข้าใจ)

ก. การบดอัดโดยการเกลี่ย

ข. การบดอัดโดยการนวด

ค. การบดอัดโดยการกระแทก

ง. การบดอัดโดยการสั่นสะเทือน

68. การบดอัดดินต้องกระทำให้บังเกิดผลดังต่อไปนี้ยกเว้นข้อใด (วัดความเข้าใจ)

ก. เพิ่มความแข็งแรงของดินให้สามารถรับแรงได้ตามความประสงค์

ข. มีการยุบตัวของดินน้อยมาก

ค. มีการเปลี่ยนลักษณะและมีปริมาตรของดินลดลง

ง. ลดการซึมของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

69. ข้อใดเกี่ยวข้องกับเครื่องชั่งส่วนผสมคอนกรีต (วัดความเข้าใจ)

ก. เครื่องวัดอุณหภูมิ

ข. เครื่องวัดชั่งทราย

ค. เครื่องชั่งซีเมนต์

ง. เครื่องดักไขมัน

70. ในงานก่อสร้างปั๊มน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็นกี่ชนิด (วัดความเข้าใจ)

ก. 2 ชนิด

ข. 3 ชนิด

ค. 4 ชนิด

ง. 5 ชนิด

71. ข้อใดคืองานที่ต้องใช้เครื่องอัดอากาศมาช่วย (วัดความเข้าใจ)

ก. งานยกพื้น

ข. งานขุดดิน ทำให้ดินร่วนเพื่อการบดอัด

ค. งานทำไม้แบบคาน

ง. งานขนส่งคอนกรีต

72. กรรมวิธีที่ใช้ทั่วไป ในการแก้ไขสภาพของดิน และ หินให้ดีขึ้นนี้เรียกว่าอะไร (วัดความเข้าใจ)

ก. Pressure Groupting

ข. Concrete Slump

ค. Safety Factor

ง. Transit-Mixer

73. ข้อใดคือความหมายของ Chutes (วัดความเข้าใจ)

ก. รางเทคอนกรีต

ข. การขนส่งทางรถบรรทุก

ค. ถังที่ใช้บรรจุคอนกรีต

ง. รถขนคอนกรีตที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่อง

74. ข้อใดคือวัสดุที่ใช้ในการ Grout (วัดความเข้าใจ)

ก. หิน

ข. ซีเมนต์ ดินเหนียว และน้ำ

ค. เยื่อไม้

ง. ยางมะตอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

75. กว้านชนิด Chain Hoist ประเภทใดรับน้ำหนักได้มากที่สุด (วัดความเข้าใจ)

ก. Screw Geared Chain Hoist

ข. Differential Chain Hoist

ค. Spur Geared Chain Hoist

ง. Pull Lift Chain Hoist

หน่วยที่ 7 เทคโนโลยีการก่อสร้างกับงานสถาปัตยกรรม จำนวน 5 ข้อ

76. ข้อใดบ่งบอกลักษณะของเรือนไทยภาคกลาง (วัดความเข้าใจ)

ก. การประกอบฝาเข้ากับโครงสร้างจะเป็นไปในลักษณะระบบหล่อกับที่

ข. ลักษณะโครงจั่ว จะมีลักษณะในการวิเคราะห์แรงเช่นเดียวกับโครงถัก (Truss)

ค. ลักษณะหลังคาใช้โครงสร้างแบบ Membrane

ง. เป็นระบบอุตสาหกรรมทั้งหมด

77. สถาปนิกคนใดเป็นต้นกำเนิดของตึกระฟ้าและกระจก (วัดความเข้าใจ)

ก. เซอร์ นอร์แมนฟอสเตอร์

ข. หลุยส์ ซูลิแวน

ค. มีส แวนเดอโรว์

ข. วอเตอร์ โกเปียส

78. ทัศนคติผู้วิจารณ์ ว่าข้อใดเป็นการเลือกวัสดุและสัดส่วนที่ใหญ่เกินไปของ mies (วัดความเข้าใจ)

ก. Crown Hall

ข. Lake Shore Drive

ค. Seagram Building

ง. Grand Central Terminal

79. การเลือกระบบโครงสร้างให้เหมาะสมที่สุดกับงานขึ้นอยู่กับข้อใด (วัดความรู้)

ก. ความยากง่ายในการหาวัสดุก่อสร้าง

ข. ความถนัดของคนงาน

ค. ป้องกันมลภาวะ

ง. ความสวยงาม

80. ข้อใดคือสาเหตุผลจากความต้องการทางสถาปัตยกรรมให้ได้โครงสร้างที่มีราคาแพง (วัดความรู้)

ก. เอาเสาสำคัญออก ทำให้ช่วงคานยาวจนเกินไป

ข. กำหนดให้ความสูงของชั้นให้มีความสูง พอดีกับโครงสร้าง

ค. เจาะช่องเปิดมากไปทำให้ต้องเสริมโครงสร้างหลัก

ง. อาคารสูงชะลูดที่ใส่ Diagonal Bracing เพราะจะทำให้ดูไม่สวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ผลการประเมินคุณภาพสื่อการสอนของผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบ ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (D) และคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)		ค่าอำนาจจำแนก (D)	
	ผลการวิเคราะห์	คุณภาพของข้อสอบ	ผลการวิเคราะห์	คุณภาพของข้อสอบ
1	0.7	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.4	ดีมาก
2	0.65	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.3	ดีพอสมควร
3	0.7	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.4	พอใช้ได้
4	0.55	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.3	ดีพอสมควร
5	0.7	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.4	ดีมาก
6	0.8	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.4	ดีมาก
7	0.3	ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)	0.2	พอใช้ได้
8	0.5	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.2	พอใช้ได้
9	0.4	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.2	พอใช้ได้
10	0.7	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.2	พอใช้ได้
11	0.55	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.3	ดีพอสมควร
12	0.7	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.2	พอใช้ได้
13	0.65	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.5	ดีมาก
14	0.5	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.2	พอใช้ได้
15	0.35	ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)	0.3	ดีพอสมควร
16	0.4	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.3	ดีพอสมควร
17	0.4	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.4	ดีมาก
18	0.4	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.2	พอใช้ได้
19	0.6	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.4	ดีมาก
20	0.3	ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)	0.2	พอใช้ได้
21	0.5	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.2	พอใช้ได้
22	0.45	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.3	ดีพอสมควร
23	0.7	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.3	ดีพอสมควร
24	0.4	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.2	พอใช้ได้
25	0.4	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.2	พอใช้ได้
26	0.35	ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)	0.3	ดีพอสมควร
27	0.5	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.4	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ1 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)		ค่าอำนาจจำแนก (D)	
	ผลการวิเคราะห์	คุณภาพของข้อสอบ	ผลการวิเคราะห์	คุณภาพของข้อสอบ
28	0.7	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.4	ดีมาก
29	0.3	ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)	0.2	พอใช้ได้
30	0.6	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.2	พอใช้ได้
31	0.35	ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)	0.3	ดีพอสมควร
32	0.25	ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)	0.3	ดีพอสมควร
33	0.5	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.2	พอใช้ได้
34	0.35	ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)	0.5	ดีมาก
35	0.4	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.2	พอใช้ได้
36	0.5	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.4	ดีมาก
37	0.3	ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)	0.2	พอใช้ได้
38	0.55	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.3	ดีพอสมควร
39	0.55	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.3	ดีพอสมควร
40	0.6	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.4	ดีมาก
41	0.65	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.4	ดีมาก
42	0.55	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.3	ดีพอสมควร
43	0.6	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.4	ดีมาก
44	0.5	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.4	ดีมาก
45	0.4	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.2	พอใช้ได้
46	0.35	ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)	0.3	ดีพอสมควร
47	0.45	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.3	ดีพอสมควร
48	0.4	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.4	ดีมาก
49	0.6	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.4	ดีมาก
50	0.5	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.4	ดีมาก
51	0.55	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.3	ดีพอสมควร
52	0.35	ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)	0.3	ดีพอสมควร
53	0.4	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.2	พอใช้ได้
54	0.35	ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)	0.3	ดีพอสมควร
55	0.4	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.2	พอใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ1 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)		ค่าอำนาจจำแนก (D)	
	ผลการวิเคราะห์	คุณภาพของข้อสอบ	ผลการวิเคราะห์	คุณภาพของข้อสอบ
56	0.5	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.2	พอใช้ได้
57	0.3	ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)	0.2	พอใช้ได้
58	0.45	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.7	ดีมาก
59	0.4	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.5	ดีมาก
60	0.55	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.6	ดีมาก
61	0.3	ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)	0.4	ดีมาก
62	0.6	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.2	พอใช้ได้
63	0.6	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.2	พอใช้ได้
64	0.4	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.4	ดีมาก
65	0.35	ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)	0.3	ดีพอสมควร
66	0.65	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.5	ดีมาก
67	0.4	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.6	ดีมาก
68	0.45	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.3	ดีพอสมควร
69	0.65	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.3	ดีพอสมควร
70	0.55	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.3	ดีพอสมควร
71	0.55	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.3	ดีพอสมควร
72	0.45	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.3	ดีพอสมควร
73	0.55	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.5	ดีมาก
74	0.65	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.3	ดีพอสมควร
75	0.6	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.4	ดีมาก
76	0.6	ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)	0.4	ดีมาก
77	0.4	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.4	ดีมาก
78	0.5	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.2	พอใช้ได้
79	0.45	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.5	ดีมาก
80	0.5	ยาก-ง่ายพอเหมาะ (ดี)	0.6	ดีมาก

จากตารางที่ จ1 พบว่าแบบทดสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.7 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณค่าสถิติการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ ฉ1 แสดงคะแนน จากการทดลองใช้ (Tryout) เพื่อทดลองหาคุณภาพของแบบทดสอบ เรื่อง เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง

คนที่	X	X^2
1	25	625
2	28	784
3	28	784
4	30	900
5	31	961
6	31	961
7	36	1,296
8	37	1,369
9	37	1,369
10	38	1,444
11	40	1,600
12	40	1.600
13	43	1,849
14	44	1,936
15	49	2,401
16	50	2,500
17	50	2,500
18	51	2,601
19	52	2,704
20	57	3,249
รวม	$\Sigma X = 3,188$	$\Sigma X^2 = 33,433$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ2 แสดงค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (D) ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบเรื่องเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน

ข้อที่	R_u (10 คน)	R_l (10 คน)	P	D	q = (1-p)	pq
1	9	5	0.7	0.4	0.3	0.21
2	8	5	0.65	0.3	0.35	0.23
3	8	6	0.7	0.4	0.3	0.21
4	7	4	0.55	0.3	0.45	0.25
5	8	6	0.7	0.4	0.3	0.21
6	10	6	0.8	0.4	0.2	0.16
7	4	2	0.3	0.2	0.7	0.21
8	6	4	0.5	0.2	0.5	0.25
9	5	3	0.4	0.2	0.6	0.24
10	8	6	0.7	0.2	0.3	0.21
11	7	4	0.55	0.3	0.45	0.25
12	8	6	0.7	0.2	0.3	0.21
13	9	4	0.65	0.5	0.35	0.23
14	6	4	0.5	0.2	0.5	0.25
15	5	2	0.35	0.3	0.65	0.23
16	5	3	0.4	0.3	0.6	0.24
17	6	2	0.4	0.4	0.6	0.24
18	5	3	0.4	0.2	0.6	0.24
19	8	4	0.6	0.4	0.4	0.24
20	4	2	0.3	0.2	0.7	0.21
21	6	4	0.5	0.2	0.5	0.25
22	6	3	0.45	0.3	0.55	0.25
23	8	5	0.7	0.3	0.3	0.21
24	5	3	0.4	0.2	0.6	0.24
25	5	3	0.4	0.2	0.6	0.24
26	5	2	0.35	0.3	0.65	0.23
27	8	2	0.5	0.4	0.5	0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ2 (ต่อ)

ข้อที่	R_u (10 คน)	R_l (10 คน)	P	D	q = (1-p)	pq
28	9	5	0.7	0.4	0.3	0.21
29	4	2	0.3	0.2	0.7	0.21
30	7	5	0.6	0.2	0.4	0.24
31	5	2	0.35	0.3	0.65	0.23
32	4	1	0.25	0.3	0.75	0.19
33	6	4	0.5	0.2	0.5	0.25
34	6	1	0.35	0.5	0.65	0.23
35	5	3	0.4	0.2	0.6	0.24
36	7	3	0.5	0.4	0.5	0.25
37	4	2	0.3	0.2	0.7	0.21
38	7	4	0.55	0.3	0.45	0.25
39	7	4	0.55	0.3	0.45	0.25
40	8	4	0.6	0.4	0.4	0.24
41	8	5	0.65	0.4	0.35	0.23
42	7	4	0.55	0.3	0.45	0.25
43	8	4	0.6	0.4	0.4	0.24
44	7	3	0.5	0.4	0.5	0.25
45	5	3	0.4	0.2	0.6	0.24
46	5	2	0.35	0.3	0.65	0.23
47	6	3	0.45	0.3	0.55	0.25
48	6	2	0.4	0.4	0.6	0.24
49	8	4	0.6	0.4	0.4	0.24
50	7	3	0.5	0.4	0.5	0.25
51	7	4	0.55	0.3	0.45	0.25
52	5	2	0.35	0.3	0.65	0.23
53	5	3	0.4	0.2	0.6	0.24
54	5	2	0.35	0.3	0.65	0.23
55	5	3	0.4	0.2	0.6	0.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ2 (ต่อ)

ข้อที่	R_u (10 คน)	R_l (10 คน)	P	D	q = (1-p)	pq
56	6	4	0.5	0.2	0.5	0.25
57	4	2	0.3	0.2	0.7	0.21
58	8	1	0.45	0.7	0.55	0.25
59	6	2	0.4	0.5	0.6	0.24
60	9	2	0.55	0.6	0.45	0.25
61	5	1	0.3	0.4	0.7	0.21
62	7	5	0.6	0.2	0.4	0.24
63	7	5	0.6	0.2	0.4	0.24
64	6	2	0.4	0.4	0.6	0.24
65	5	2	0.35	0.3	0.65	0.23
66	9	4	0.65	0.5	0.35	0.23
67	7	1	0.4	0.6	0.6	0.24
68	6	3	0.45	0.3	0.55	0.25
69	8	5	0.65	0.3	0.35	0.23
70	6	5	0.55	0.3	0.45	0.25
71	7	4	0.55	0.3	0.45	0.25
72	6	3	0.45	0.3	0.55	0.25
73	8	3	0.55	0.5	0.45	0.25
74	8	5	0.65	0.3	0.35	0.23
75	8	4	0.6	0.4	0.4	0.24
76	8	4	0.6	0.4	0.4	0.24
77	6	2	0.4	0.4	0.6	0.24
78	6	4	0.5	0.2	0.5	0.25
79	7	2	0.45	0.5	0.55	0.23
80	8	2	0.5	0.6	0.5	0.25
รวม	523	362	38.25	27.3	33.45	18.79
เฉลี่ย	6.54	3.85	0.48	0.34	0.42	0.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$n = 20$

$N = 80$

$\Sigma pq = 18.79$

1. การคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)

สูตร $\bar{X} = \Sigma X/N$

$= 3,188/80$

$= 39.85$

2. การคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น

สูตร $r_{tt} = \frac{N}{N-1}\left\{1 - \frac{\Sigma pq}{S^2_t}\right\}$

$= 0.85$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ3 แสดงผลคะแนน จากการทำแบบทดสอบ ก่อนและหลังเรียน เรื่อง เทคโนโลยีทางการก่อสร้าง (คะแนนเต็ม 80 คะแนน)

คนที่	คะแนน Pretest	คะแนน Postest
1	25	64
2	28	73
3	28	64
4	30	62
5	31	74
6	31	72
7	36	63
8	37	69
9	37	72
10	38	69
11	40	65
12	40	62
13	43	68
14	44	63
15	49	67
16	50	69
17	50	67
18	51	65
19	52	71
20	57	73
เฉลี่ย $\overline{(X)}$	39.85	67.6

3. การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ตามเกณฑ์ของ Meguigans (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528:284 – 286) เป็นการตัดสินโดยใช้สูตร

Meguigans Ratio = M2-M1 + M2-M1

Meguigans Ratio = ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

M1 = 39.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M2 = 64.3

P = 80

ดังนั้น Meguigans Ratio = (67.6 - 39.85) + (67.6 - 39.85)

= 1.038

ค่าที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1 ถือได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ Meguigans

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายเฉลิมพล วิริยะศิริพจน์
เกิดวันที่	6 กรกฎาคม 2521
สถานที่เกิด	อ.เมือง จ.นนทบุรี
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท W.O.A แอ็ดเว่อร์ไท้ซิ่ง จำกัด
ตำแหน่ง	Exhibition Designer
ประวัติการศึกษา	
ปี พ.ศ. 2537	จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนปากเกร็ด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี
ปี พ.ศ. 2541	จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (หลักสูตร 4 ปี) อ.เมือง จ.นนทบุรี
ปี พ.ศ. 2544	จบการศึกษาระดับปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปี พ.ศ. 2547	จบการศึกษาระดับปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	11/19 หมู่ 8 ถ.ติวานนท์ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120
เบอร์ติดต่อ	0 – 1692 - 2179

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้