ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ในโครงการที่พักอาศัย

SUCCESS FACTORS FOR PREFABRICATION SYSTEMS IN RESIDENTIAL PROJECTS

เศกสรร เจริญสุข
SEKSAN CHAROENSUK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2551
KMITL-2008-EN-M-008-158

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ในโครงการที่พักอาศัย

SUCCESS FACTORS FOR PREFABRICATION SYSTEMS IN RESIDENTIAL PROJECTS

เสกสรร เจริญสุข

SEKSAN CHAROENSUK

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 87864
วัน,เดือน,ปี 19 มี.ค. 2552

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2551

KMITL-2008-EN-M-093-158

SUCCESS FACTORS FOR PREFABRICATION SYSTEMS IN RESIDENTIAL PROJECTS

SEKSAN CHAROENSUK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN CONSTRUCTION ENGINEERING

AND MANAGEMENT

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2008

KMITL-2008-EN-M-093-158

COPYRIGHT 2008

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

Thesis Title Success Factors for Prefabrication Systems in Residential Projects

นักศึกษา นายเสกสรร เจริญสุข

รหัสประจำตัว 47061311

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2008-EN-M-093-158

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.จักรพงษ์	พงษ์เพ็ง	
ผศ.แหลมทอง	เหล่าคงถาวร	
รศ.รังสรรค์	วงษ์บุญ	
ผศ.ดร.แดง	เหรียญสุวรรณ	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2551 เวลา 11.00-13.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 2

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2551

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย
นักศึกษา	นายเสกสรร เจริญสุข
รหัสนักศึกษา	47061311
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ

บทคัดย่อ

การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้มากขึ้นในโครงการที่พักอาศัย โดยมีเป้าหมายหลักที่การลดระยะเวลาในการก่อสร้าง การลดการพึ่งพาแรงงานคน และการยกระดับคุณภาพของการก่อสร้าง แต่ว่าในอุตสาหกรรมก่อสร้างไทยยังขาดแนวทางในการบริหารจัดการระบบสำเร็จรูปที่ชัดเจน ส่งผลให้เกิดปัญหาในการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป เช่น ความล่าช้าของโครงการ คุณภาพของชิ้นส่วนสำเร็จรูปต่ำ และค่าใช้จ่ายของโครงการเกินงบประมาณ ขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญของแนวทางดังกล่าวคือ การชี้ให้เห็นถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป แต่จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่านักวิจัยแต่ละคนได้แนะนำปัจจัยดังกล่าวที่แตกต่างกันสะท้อนให้เห็นถึงการขาดการพัฒนาปัจจัยที่เป็นระบบ งานวิจัยนี้จึงกำหนดวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป โดยสำรวจความคิดเห็นจากผู้ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปผ่านแบบสอบถามความคิดเห็นถึงระดับความมีอิทธิพลของแต่ละปัจจัย จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย และการจัดกลุ่มปัจจัยโดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัย จากผลการวิเคราะห์สามารถระบุปัจจัยได้ 7 ปัจจัยดังนี้ “การจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง” “การจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ” “การวางแผนกำหนดตารางเวลาและการควบคุม” “ความสอดคล้องของการก่อสร้างที่หน่วยงานกับการผลิต” “การจัดการการก่อสร้างที่หน่วยงาน” “การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง” และ “ระดับความเป็นมาตรฐานของระบบ” ซึ่งมีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป โดยการพัฒนากลุ่มปัจจัยดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาแนวทางในการบริหารจัดการระบบสำเร็จรูปต่อไป

Thesis Title	Success Factors for Prefabrication Systems in Residential Projects
Student	Mr.Seksan Charoensuk
Student ID.	47061311
Degree	Master of Engineering
Program	Construction Engineering and Management
Year	2008
Thesis Advisor	Asst. Prof.Dang Riensuwan

ABSTRACT

Prefabrication systems have been used more in residential projects, which mainly aim at reducing construction time and labor force, and improving quality of work. Yet, in Thai construction industry, there appears lack of a clear guideline on managing prefabrication systems. This leads to various problems such as planned-schedule delays, *low* quality of prefabrication components, and cost overruns. An important step of the development of the guideline is identifying factors influencing prefabrication system success. However, from the literature, different researchers suggest different factors, reflecting lack of the development of systematic factors. Then, this research aim was to develop factors systematically in contributing to prefabrication system success. The research method was surveying opinions of residential-project participants experienced in using prefabrication systems about the degree of influence of factors that have on the prefabrication system success. Data analyses have been undertake to compare degree of influence and structure the factors by using the factor analysis method. The result suggests that all factors can be classified into 7 groups: "production process and site management", "component management and quality control", "planning scheduling and control", "site construction and production compatibility", "construction management", "top management decision" and "level of standardization". This then help to develop a clear guideline on managing prefabrication systems.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้เป็นอย่างดีด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ซึ่งถือเป็นสิ่งที่มีค่าในการทำงานวิจัยนี้และเป็นการเปิดความคิดใหม่ในการดำเนินชีวิต ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอขอบคุณในความกรุณาของท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.จักรพงษ์ พงษ์เพ็ง ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการดำเนินการวิจัยและช่วยปรับปรุงการนำเสนอผลงาน

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ให้วิชาความรู้ ให้คำแนะนำต่างๆ จนสามารถทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงลงได้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ ผู้ที่ให้ข้อมูลทุกท่าน สำหรับความร่วมมือและความเสียสละเวลาในการช่วยรวบรวมข้อมูลทั้งหมดในงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ ครอบครัวเจริญสุขและภรรยาของข้าพเจ้าที่คอยให้การสนับสนุนด้วยดีตลอดมา เพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจ

สำหรับคุณงานความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

เสกสรร เจริญสุข

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ปัญหางานวิจัย.....2

1.3 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2

1.4 สมมติฐานของการศึกษา.....2

1.5 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย.....3

1.6 ขอบเขตการวิจัย.....3

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา.....4

บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 บทนำ.....5

2.2 การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป.....5

2.3 เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย.....37

2.4 สรุป.....40

บทที่ 3 การทบทวนวรรณกรรม.....41

3.1 บทนำ.....41

3.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้าง.....41

3.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป.....48

3.4 บทวิเคราะห์.....56

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 กรอบแนวความคิด 57

4.1 บทนำ.....57

4.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย.....57

4.3 สรุป.....68

บทที่ 5 ระเบียบวิธีวิจัย.....70

5.1 บทนำ.....70

5.2 การออกแบบสอบถามความคิดเห็นเพื่อการเก็บข้อมูล.....70

5.3 แหล่งข้อมูล.....72

5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....73

5.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลและการประเมินผลข้อมูล.....73

5.6 การวิเคราะห์ปัจจัยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป.....77

5.7 สรุป.....78

บทที่ 6 การวิเคราะห์ข้อมูล 79

6.1 บทนำ.....79

6.2 คุณลักษณะของข้อมูล.....79

6.3 การวิเคราะห์สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 80

6.4 การวิเคราะห์ค่าความน่าเชื่อถือของแบบสอบถาม.....82

6.5 การเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของปัจจัย 82

6.6 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัย.....84

6.7 การวิเคราะห์ปัจจัย.....85

6.8 สรุป.....96

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....99

7.1 สรุปผลการวิจัย.....99

7.2 ข้อเสนอแนะ.....103

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง 107

ภาคผนวก 111

ภาคผนวก ก แบบสอบถาม 111

ภาคผนวก ข ความสัมพันธ์ของการให้ระดับความสำคัญของปัจจัยของ
ผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละกลุ่ม.....119

ภาคผนวก ค ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ร่วมแบบ Spearman Rank 124

ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ปัจจัย 132

ภาคผนวก จ การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของปัจจัยหลังการวิเคราะห์ปัจจัย.....138

ภาคผนวก ฉ บทความวิจัย.....141

ประวัติผู้เขียน 148

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

6.1 สรุปลักษณะข้อมูล....79

6.2 แสดงจำนวนและค่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามตำแหน่งปัจจุบัน 80

6.3 แสดงจำนวนและค่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามหน้าที่ความรับผิดชอบ....80

6.4 แสดงจำนวนและค่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามรูปแบบอาคาร....80

6.5 แสดงจำนวนและค่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามประสบการณ์ก่อสร้าง ในด้านรูปแบบของระบบก่อสร้างสำเร็จรูป....81

6.6 แสดงจำนวนและค่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามปริมาณชิ้นส่วนสำเร็จรูป ต่อปริมาณงานทั้งอาคาร....81

6.7 แสดงจำนวนและค่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามประเภทธุรกิจขององค์กร...81

6.8 แสดงค่าดัชนีตัวชี้ระดับความสำคัญและลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ ผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย จำนวน 35 ปัจจัย....82

6.9 ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ร่วม Spearman Rank Correlation ของปัจจัย....86

6.10 แสดงค่าความแปรผันของกลุ่มปัจจัย....88

6.11 แสดงน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัย ที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบ สำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย....90

6.12 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัยด้านการจัดการกระบวนการผลิต และพื้นที่ก่อสร้าง....91

6.13 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัยด้านการจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ....92

6.14 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัยด้านการจัดการวางแผน กำหนดตารางเวลา และการควบคุม....93

6.15 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัยด้านความสอดคล้องของการก่อสร้าง ที่หน่วยงานกับการผลิต....93

6.16 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัยด้านการจัดการการก่อสร้างที่หน่วยงาน....94

6.17 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัยด้านการตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง....95

6.18 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัยด้านความเป็นมาตรฐานของระบบ....95

6.19 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มปัจจัย....96

ข.1 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งปัจจุบันกับค่าระดับความสำคัญของปัจจัย....120

ข.2 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่รับผิดชอบกับค่าระดับความสำคัญของปัจจัย....121

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข.3 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบโครงสร้างกับค่าระดับความสำคัญของปัจจัย.....122

ข.4 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของชิ้นส่วนกับค่าระดับความสำคัญของปัจจัย.....123

ค.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ร่วม Spearman Rank Correlation ของปัจจัย.....125

ง.1 ค่าสัมประสิทธิ์ Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) และ Bartlett's Test.....133

ง.2 แสดงผลการสกัดปัจจัย.....133

ง.3 แสดงค่าน้ำหนักของปัจจัยก่อนการหมุนแกน.....134

ง.4 แสดงค่าน้ำหนักปัจจัยหลังการหมุนแกนหลัก.....135

ง.5 แสดงค่าความแปรผันของแต่ละกลุ่มปัจจัยและค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย.....136

ง.6 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มปัจจัย.....137

จ.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของปัจจัยหลังการวิเคราะห์ปัจจัย.....139

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 โครงสร้างเสาหินสำเร็จรูปในประเทศอียิปต์ 6

2.2 โครงสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนหินสำเร็จรูปในประเทอิตาลี 7

2.3 โครงการที่พักอาศัย Marne la Vallee ใกล้กรุงปารีส.....8

2.4 งานตกแต่งสถาปัตยกรรมด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป.....8

2.5 โครงการ The Habitat ใน Montreal.....8

2.6 วิธีการจัดวางผนังเพื่อรับน้ำหนักของพื้น.....11

2.7 แสดงระบบโครงสร้างแบบ Long Wall 12

2.8 ตัวอย่างอาคารที่อยู่อาศัยในกรุงวอร์ซอ ซึ่งวางโครงสร้างแบบ Long Wall 12

2.9 การวางโครงสร้างรับน้ำหนักแบบ Long-wall ซึ่งใช้คานถ่ายน้ำหนัก จากพื้นมาสู่กำแพง.....13

2.10 แสดงระบบโครงสร้างแบบ Cross-Wall 14

2.11 การวางชิ้นส่วนผนังด้านหน้าวิธีต่างๆ ในระบบ cross-wall 14

2.12 แสดงระบบโครงสร้างแบบ two-way span 15

2.13 แสดงระบบโครงสร้างแบบกรอบกลวง (ring-frame).....15

2.14 แสดงระบบโครงสร้างแบบเสาและคาน (skeleton frame) 16

2.15 แสดงระบบโครงสร้างแบบเสาและพื้นไร้คาน (beamless skeleton system).....17

2.16 แสดงระบบโครงสร้างแบบเสาและพื้นไร้คานของประเทศโปแลนด์ โครงการ Wierzbno.....18

2.17 แสดงการจัดรูปแบบของโครงสร้างจาก box unit 19

2.18 แสดงกระบวนการประกอบชิ้นส่วนของ box-unit 19

2.19 การแสดงตำแหน่งชิ้นส่วนบนแนว module grid (ตามแนวระนาบ).....21

2.20 ระยะควบคุมแนวดิ่ง.....22

2.21 จุดรอยต่อแบบการใช้เหล็กโดเวลและเกร๊าท์ด้วยนอนชริ้งค์.....28

2.22 จุดรอยต่อแบบการใช้เหล็กโดเวลและเกร๊าท์ด้วยคอนกรีต.....28

2.23 จุดรอยต่อแบบการเชื่อมแน่น. 29

4.1 แสดงโครงสร้างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ในโครงการที่พักอาศัย.....69

6.1 แสดงกราฟที่พล็อตค่าไอเค่น (Eigenvalues) ของกลุ่มปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จ ของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป.....89

6.2 ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มปัจจัยการจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง.....91

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

6.3 ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มปัจจัยการจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ.....92

6.4 ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มปัจจัยการวางแผน กำหนดตารางเวลาและการควบคุม.....93

6.5 ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มปัจจัยความสอดคล้องของการก่อสร้างที่หน่วยงานกับการผลิต.....94

6.6 ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มปัจจัยการจัดการการก่อสร้างที่หน่วยงาน 94

6.7 ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มปัจจัยการตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง.....95

6.8 ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มปัจจัยระดับความเป็นมาตรฐานของระบบ.....95

6.9 แสดงโครงสร้างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยจากการวิเคราะห์ปัจจัย.....98

7.1 แสดงผังสรุปขั้นตอนของกระบวนการในการศึกษา..... 104

7.2 แสดงผังสรุปกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษา.....105

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันสภาพของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ได้รับผลกระทบอย่างต่อเนื่องจากปัจจัยลบหลายด้าน ทั้งราคาน้ำมัน ราคาวัสดุก่อสร้าง ดอกเบี้ยเงินกู้และค่าจ้างแรงงานส่งผลให้ต้นทุนในการก่อสร้างเพิ่มขึ้น รวมไปถึงปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่มีฝีมือเป็นแรงผลักดันให้ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมก่อสร้างพยายามพัฒนาในด้านของเทคโนโลยีในการก่อสร้างเพื่อทดแทนปัญหาดังกล่าว สำหรับอุตสาหกรรมการก่อสร้างโครงการที่พักอาศัยผู้ประกอบการยังต้องประสบกับปัญหาข้อจำกัดในด้านของระยะเวลาในการก่อสร้าง ที่จำเป็นต้องก่อสร้างให้รวดเร็วและแล้วเสร็จทันตามกำหนดที่ได้ตกลงไว้กับลูกค้า เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นต่อผู้ประกอบการประกอบกับการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้ซื้อ ที่หันมาเลือกซื้อบ้านที่สร้างเสร็จก่อนขายแทนการซื้อบ้านบนกระดาษเหมือนในอดีต ส่งผลต่อต้นทุนการก่อสร้างโครงการโดยตรง ผู้ประกอบการด้านโครงการที่พักอาศัยจึงหันมาเลือกใช้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปเพื่อให้สามารถพัฒนาโครงการได้ในช่วงเวลาที่สั้นลงเป็นการลดความเสี่ยงจากความผันผวนของตลาด [1] ช่วยลดต้นทุนในการก่อสร้างทั้งส่วนการก่อสร้างโดยตรงและในด้านการบริหารจัดการ ทั้งด้านของงบประมาณ ระยะเวลาในการก่อสร้าง ขณะเดียวกันสามารถลดการพึ่งพาแรงงานคนและเพิ่มระดับคุณภาพความแข็งแรงของโครงสร้างได้ดีกว่าการก่อสร้างด้วยระบบหล่อในที่ [2, 3, 4] โดยการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปอาศัยหลักการสำคัญ 2 ประเด็นคือความเป็นมาตรฐานและความเป็นโมดุลของชิ้นส่วน เพิ่มระดับความสามารถในการสร้างได้ ส่งผลต่อคุณภาพและประสิทธิภาพในการก่อสร้าง รวมทั้งการลดงานก่อสร้างแบบเปียกที่หน่วยงานซึ่งหมายถึงการลดจำนวนขยะจากการก่อสร้าง [5] แต่ว่าในอุตสาหกรรมก่อสร้างยังขาดแนวทางบริหารจัดการการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปที่ชัดเจนส่งผลให้เกิดปัญหาในการใช้งาน เช่นความผิดพลาดในการประสานงานของแต่ละส่วน ความล่าช้าของโครงการ คุณภาพของชิ้นส่วนสำเร็จรูปและคุณภาพของอาคารต่ำ ไม่สามารถลดค่าใช้จ่ายของโครงการได้ตามที่ผู้ประกอบการคาดหวังไว้ [4] จากการศึกษาเกี่ยวกับผลสำเร็จของโครงการในอดีตแสดงให้เห็นว่าการบ่งชี้ถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการสร้างแนวทางในการบริหารจัดการโครงการให้ประสบผลสำเร็จ อย่างไรก็ตามการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปมีความแตกต่างในด้านปัจจัยที่สำคัญๆ จากการก่อสร้างระบบหล่อในที่หลายประการ ดังนั้นการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างที่ผ่านมาจึงไม่เพียงพอในการนำมาเป็นเครื่องมืออ้างอิงสำหรับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปได้ รวมทั้งการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปที่ผ่านมาผู้วิจัยแต่ละท่านมี

การเลือกใช้และให้ความสำคัญกับปัจจัยที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นถึงการขาดการพัฒนาโครงสร้างปัจจัยอย่างเป็นระบบ ที่สำคัญในประเทศไทยซึ่งสภาพแวดล้อมและวัฒนธรรมในอุตสาหกรรมการก่อสร้างมีความแตกต่างจากประเทศอื่นๆ ยังไม่มีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับด้านนี้อย่างจริงจัง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อบ่งชี้ถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปและพัฒนาโครงสร้างของปัจจัย ตามลำดับขั้นตอนกระบวนการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป บนพื้นฐานของทฤษฎีระบบหลายลำดับชั้น ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างในประเทศไทย

1.2 ปัญหางานวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่าในอุตสาหกรรมการก่อสร้างในประเทศไทยยังขาดการบ่งชี้ และการพัฒนาโครงสร้างของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปอย่างเป็นระบบ มาช่วยในการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อผลสำเร็จของโครงการสำหรับผู้ประกอบการ

1.3 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโครงสร้างของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปอย่างเป็นระบบ ตามลำดับขั้นตอนของกระบวนการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปบนพื้นฐานของทฤษฎีระบบหลายลำดับชั้น ที่สามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูปในวงการอุตสาหกรรมก่อสร้างของประเทศไทย

1.4 สมมติฐานของการศึกษา

งานวิจัยนี้ ได้เริ่มพัฒนาโครงสร้างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปให้อยู่ในรูปแบบของลำดับชั้น (Hierarchy) ตามทฤษฎีระบบหลายลำดับชั้น (Theory of Hierarchy, Multilevel, Systems) [อ้างอิงใน 6] โดยในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการจัดโครงสร้างปัจจัยหลักและปัจจัยย่อยตามลำดับขั้นตอนของกระบวนการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ซึ่งเชื่อมั่นว่าการแตกโครงสร้างของปัจจัยนี้ตามระบบนี้สามารถพัฒนาโครงสร้างของปัจจัยที่เป็นระบบ สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างของประเทศไทย

1.5 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโครงสร้างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป อยู่ในรูปแบบของทฤษฎีระบบหลายลำดับชั้น ตามลำดับขั้นตอนกระบวนการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ซึ่งทฤษฎีระบบหลายลำดับชั้นมีหลักเกณฑ์ดังนี้

1.5.1 ทฤษฎีระบบหลายลำดับชั้น (Theory of Hierarchy, Multilevel, Systems)

เมื่อระบบหรือปัญหามีขนาดใหญ่และซับซ้อน การวิเคราะห์ระบบโดยไม่มีการแบ่งเป็นส่วนย่อยๆ ทำให้ยากต่อการวิเคราะห์ อาจเป็นเพราะว่าความสามารถของมนุษย์มีข้อจำกัด และเครื่องมือที่มีอยู่ เช่น คอมพิวเตอร์ และเทคนิคการวิเคราะห์ก็มีข้อจำกัด การลดความยากหรือความซับซ้อนนี้สามารถทำได้โดยนำ ทฤษฎีหลายระบบชั้นมาใช้ ซึ่งได้ถูกพัฒนามาจากทฤษฎีการจัดองค์กร ทฤษฎีนี้ได้ให้ทางเลือกที่ใกล้เคียงในการวิเคราะห์ระบบขนาดใหญ่และระบบที่ซับซ้อน

พื้นฐานแนวคิดของทฤษฎีสำหรับการแก้ปัญหาที่มีเงื่อนไขหลายเงื่อนไข ในการแก้ปัญหานั้นทำโดยการแบ่งปัญหาหลักหรือซับซ้อนให้เป็นปัญหาย่อยๆ แล้วจัดระดับปัญหาความสัมพันธ์ของปัญหาย่อย ซึ่งเมื่อปัญหาย่อยไม่ซับซ้อนก็สามารถเลือกวิธีการตัดสินใจได้ง่ายและแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น เนื่องจากมีเงื่อนไขที่ลดลงหรือมีตัวแปรที่น้อยกว่าปัญหาที่ซับซ้อนอย่างไรก็ตามการรวบรวม การแก้ปัญหาย่อยเพื่อจะนำไปใช้เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนนั้น บางพารามิเตอร์มักจะ ถูกเลือกใช้เป็นวิธีการแก้ปัญหาในระดับชั้นที่สูงขึ้น เพื่อให้เชื่อมโยงกับปัญหาย่อยทั้งหมด ถ้าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมครอบคลุมการเชื่อมโยงทุกแนวทางของการแก้ปัญหาย่อยๆก็จะใช้เป็นวิธีการแก้ปัญหาหลักที่ซับซ้อนได้

กิจกรรมหลัก 2 กิจกรรม ที่ทำให้การแก้ปัญหาสำเร็จประกอบด้วย

- การแตกปัญหาหลักที่ซับซ้อนออกเป็นปัญหาย่อยๆ
- การเชื่อมโยงปัญหาย่อยๆ เข้าด้วยกัน

ในประเด็นของการแตกปัญหาหลักออกเป็นปัญหาย่อย เพื่อความสำเร็จของระบบการแก้ปัญหาแนะนำให้แตกปัญหากลักออกเป็นปัญหาย่อย ตามลักษณะโครงสร้างขององค์กร หรือตามกระบวนการตัดสินใจ สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ใช้การแตกโครงสร้างของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ตามลำดับกระบวนการในการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

1.6 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เน้นการศึกษาโครงการที่พักอาศัย ที่ใช้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปทุกระบบและทุกรูปแบบอาคารทั้งบ้านเดี่ยว ทาวน์เฮาส์ และอาคารชุด ที่มีการดำเนินการก่อสร้างอยู่ภายในประเทศทั้งที่ก่อสร้างเสร็จแล้วและกำลังดำเนินการก่อสร้าง

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา

1.7.1 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องจากทั้งในประเทศและต่างประเทศ

1.7.2 จัดวางโครงสร้างของปัจจัย โดยใช้ทฤษฎีระบบหลายลำดับชั้นตามลำดับขั้นตอนกระบวนการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป แล้วจึงพัฒนารายละเอียดของปัจจัยภายในโครงสร้างที่ได้จัดวางไว้

1.7.3 ออกแบบสอบถามสำหรับการระบุระดับความสำคัญในแต่ละปัจจัยตามโครงสร้างที่กำหนดไว้

1.7.4 ทดสอบแบบสอบถามกับผู้ที่มีประสบการณ์สูงในการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย จำนวน 3 คนเพื่อปรับปรุงแบบสอบถามให้มีปัจจัยครบถ้วน ข้อคำถามกระชับชัดเจนยิ่งขึ้น

1.7.5 เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม

1.7.6 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ ด้วยโปรแกรม SPSS เริ่มต้นด้วยการทดสอบความน่าเชื่อถือของสเกลและการวิเคราะห์ระดับความสำคัญของปัจจัย จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูล 3 วิธีดังนี้

- เปรียบเทียบระดับความสำคัญของปัจจัย
- ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย ว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด
- ใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย (Factors Analysis) จัดกลุ่มปัจจัยเข้าด้วยกันเพื่อลดจำนวนปัจจัยและจัดปัจจัยเข้ากับแกนกลุ่มปัจจัย ซึ่งเป็นการพัฒนาโครงสร้างของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยนี้ โดยเนื้อหาจะประกอบด้วยแนวความคิดด้านการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป เช่น ความหมาย ความเป็นมา กระบวนการที่เกี่ยวข้องและข้อดี ข้อเสีย อีกส่วนหนึ่งเป็นแนวความคิดด้านเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยซึ่งใช้เป็นแนวทางหลักในงานวิจัยนี้ โดยเนื้อหาจะกล่าวถึงเงื่อนไขในการใช้งาน ขั้นตอนการใช้และประโยชน์ที่ได้ ซึ่งเนื้อหาทั้งหมดจะได้กล่าวรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

2.2 การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป (Prefabrication System)

2.2.1 ความหมายและความเป็นมา

การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป เป็นการก่อสร้างที่อาศัยการใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่ผลิตจากภายนอกมาติดตั้งตามตำแหน่งที่แท้จริงบนอาคาร โดยมีผู้ให้ความหมายที่เกี่ยวข้องไว้ดังนี้

"พรีคาสต์คอนกรีต (Precast Concrete) คือการหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตในสถานที่ใดๆ (เช่น โรงงาน บริเวณหน่วยงานก่อสร้าง) ก่อนแล้วนำไปประกอบกันเป็นโครงสร้าง" (Sheppard David, A. and William R. Phillips. 1998) [อ้างอิงใน 7]

"พรีแฟบบริเคชั่น (Prefabrication) คืออุตสาหกรรมการก่อสร้างอันเป็นวิธีการผลิตชิ้นส่วนประกอบจำนวนมาก (Mass Production Components) เพื่อก่อสร้าง โดยอาศัยเครื่องมือ เครื่องจักร หรืออุปกรณ์ยก สำหรับปฏิบัติงาน" (GmbH, Bauverlag, Wiesbaden and Berlin, 1968) [อ้างอิงใน 7]

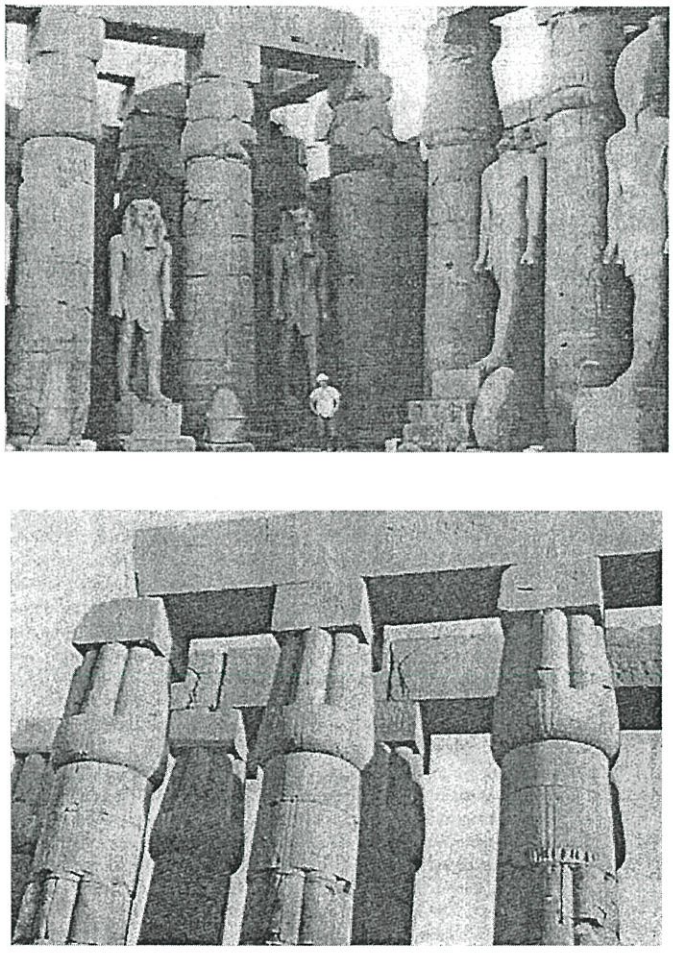
"ความหมายของการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปโดยรวมคือวิธีการก่อสร้างโดยการผลิตส่วนประกอบของอาคารสำเร็จในโรงงานแล้วนำมาประกอบติดตั้งเป็นอาคารโดยอาศัยอุปกรณ์ยก" (มามี โตบารมีกุล, 2540) [7]

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

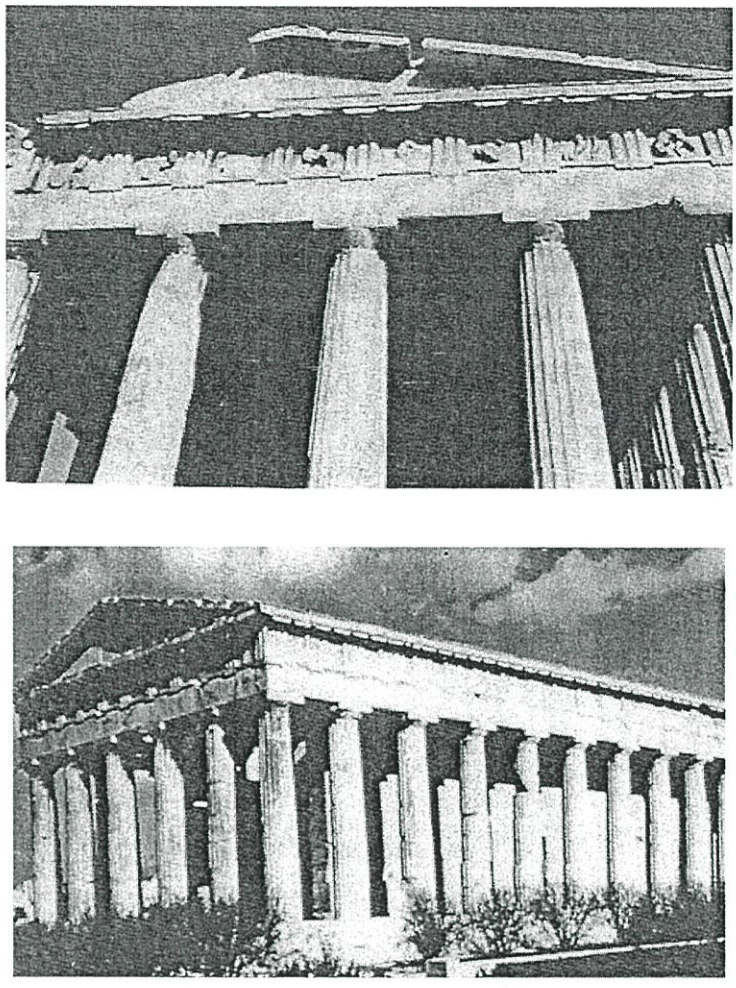
การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปนั้น ได้แนวคิดมาจากการผลิตการจัดการงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ เช่นการผลิตรถยนต์ ซึ่งจัดแยกผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ขึ้นก่อนแล้วจึงนำมาประกอบในรถทีหลัง มีการนำเอาเครื่องจักร เครื่องทุ่นแรงต่าง ๆ มาช่วยประกอบการผลิต จึงทำให้สามารถผลิตได้เร็ว ปริมาณการผลิตสูงเป็นผลให้ราคาต้นทุนการผลิตต่ำลง

จุดมุ่งหมายของการปรับปรุงวิธีการสร้างอาคาร มาถือแนวตามระบบอุตสาหกรรม ก็เพื่อต้องการลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำเช่นเดียวกันทั้งยังสร้างได้เร็วกว่าระบบเดิมที่สร้างสำเร็จในที่อีกด้วย

การผลิตชิ้นส่วนขนาดใหญ่ของอาคารจากภายนอกหน่วยงานก่อสร้างไม่ใช่แนวความคิดที่เพิ่งเกิดขึ้น โครงสร้างที่มีชื่อเสียงในอดีตในประเทศอียิปต์และอิตาลีล้วนก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่เป็นหินทั้งในส่วนของเสา พื้นหรือหน้ามุข [8] ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2



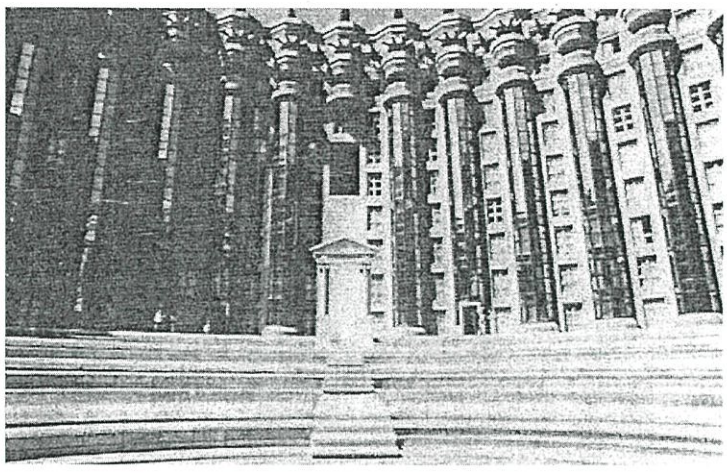
รูปที่ 2.1 โครงสร้างเสาหินสำเร็จรูปในประเทศอียิปต์ [8]



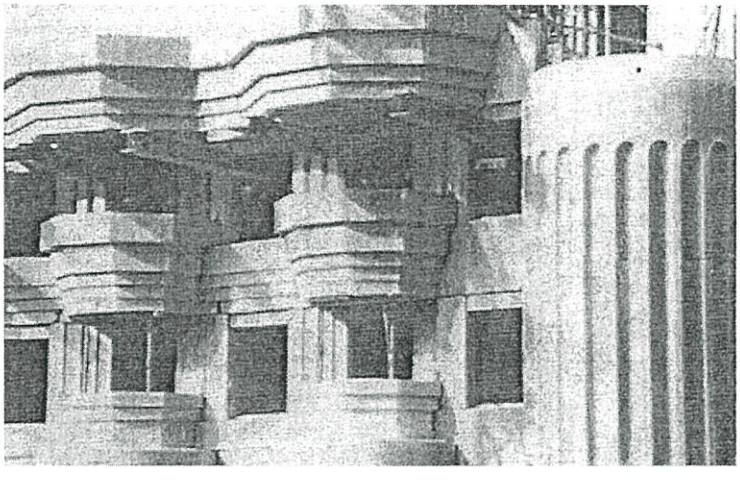
รูปที่ 2.2 โครงสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนหินสำเร็จรูปในประเทอิตาลี [8]

โดยที่ชิ้นส่วนบางชิ้นมีน้ำหนักตั้งแต่ 5, 10 จนถึง 100 ตัน และต้องทำการขนส่งจากพื้นที่ห่างไกลจากสถานที่ก่อสร้างนับสิบหรือร้อยกิโลเมตร ดังนั้นจึงนิยมใช้กับอาคารหรือโครงสร้างที่มีความสำคัญอย่างสูงเท่านั้น

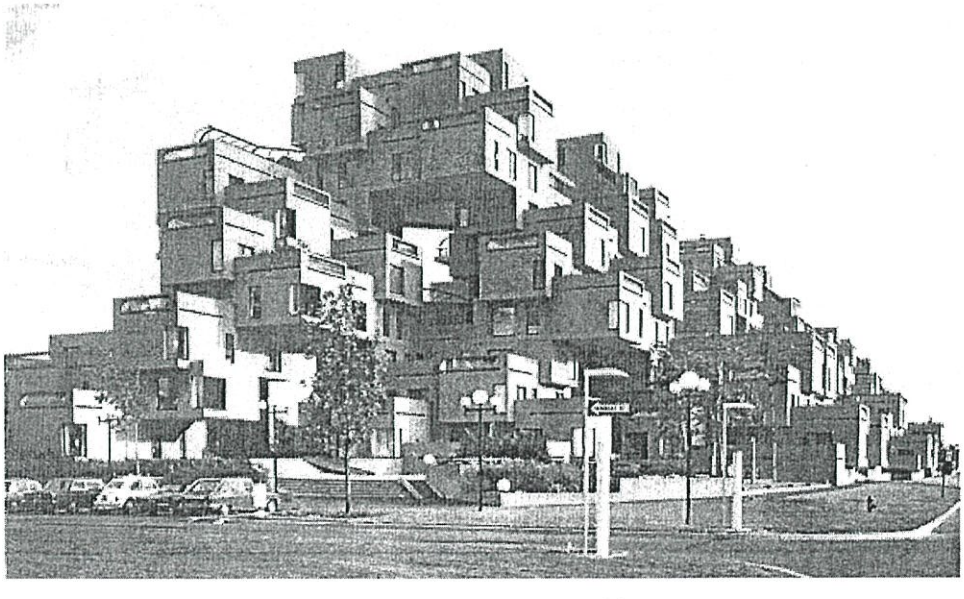
การพัฒนาการก่อสร้างสำเร็จรูปเกิดขึ้นอย่างจริงจังตั้งแต่หลังสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 กลุ่มประเทศยุโรปตะวันตกได้เป็นผู้ริเริ่มค้นคว้านำเอาการก่อสร้างอาคารด้วยระบบนี้มาใช้ ทั้งนี้เพราะประสบปัญหาการขาดแคลนที่อยู่อาศัย เนื่องจากภัยพิบัติจากสงครามรวมทั้งขาดแคลนแรงงานช่างฝีมือประเภทต่าง ๆ กลุ่มประเทศดังกล่าว เช่น ฝรั่งเศส อังกฤษ เยอรมัน ด้วยการสนับสนุนของรัฐบาล ได้ทำการแก้ไขปรับปรุงวิธีการก่อสร้างอาคารขึ้นใหม่ โดยยึดหลักการว่าจะต้องสามารถสร้างให้ได้เร็ว และใช้แรงงานธรรมดาสร้างได้ เพื่อจะแก้ปัญหาดังกล่าว ประกอบกับการพัฒนาระบบขนส่งและเครื่องมือในการติดตั้งชิ้นส่วนที่ก้าวหน้าอย่างมาก ทำให้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปจึงเข้ามามีบทบาทสูงขึ้น เนื่องจากสามารถก่อสร้างที่อยู่อาศัยจำนวนมากในเวลาอันสั้นด้วยคุณภาพที่ได้มาตรฐาน ในขณะเดียวกันการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปยังนำเสนอรูปแบบทางสถาปัตยกรรมที่แปลกใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 - 2.5 ซึ่งการก่อสร้างระบบอื่นไม่สามารถทำได้



รูปที่ 2.3 โครงการที่พักอาศัย Marne la Vallee ใกล้กรุงปารีส [8]



รูปที่ 2.4 งานตกแต่งสถาปัตยกรรมด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป [8]



รูปที่ 2.5 โครงการ The Habitat ใน Montreal [8]

โดยได้นำความคิดการจัดการการผลิต เทคนิคการประกอบและการติดตั้ง มาพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งปัจจุบัน การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปเป็นระบบหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย มีสถาบัน เพื่อทำการวิจัยเทคนิคใหม่ให้กับการก่อสร้างของระบบนี้โดยเฉพาะ

ทางด้านสหรัฐอเมริกาเองเพิ่มมาตื่นตัวสนใจกับวิธีการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป หลังจากที่ผจญปัญหาเกี่ยวกับค่าแรงงานช่างฝีมือที่มีอัตราสูงมาก และความกดดันต่าง ๆ จากบรรดาสหภาพแรงงานประจวบกับรัฐบาลมีนโยบายที่จะส่งเสริมให้ประชาชนมีบ้านอยู่อาศัยกันอย่างทั่วถึง ทุกระดับชั้น จึงได้ให้การสนับสนุนให้ทุนแก่บริษัทก่อสร้างต่าง ๆ ทำการวิจัยค้นคว้าหาวิธีก่อสร้างตามระบบอุตสาหกรรมที่ทางยุโรปประสบผลสำเร็จมาแล้ว เพื่อให้ได้อาคารที่มีราคาถูกลง จึงได้มีการคิดค้นเทคนิคการผลิต และการติดตั้งขึ้นมาทดลองใช้ต่าง ๆ กันหลายสิบแบบ แต่ส่วนใหญ่ที่ยึดถือตามแนวยุโรปมีบริษัทก่อสร้างที่รับสร้างอาคารด้วยระบบอุตสาหกรรมที่โดยเฉพาะตามเทคนิคที่แต่ละบริษัทได้ออกแบบคิดค้นขึ้น

สำหรับในประเทศไทยระบบการก่อสร้างโดยการใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปได้มีการใช้ในวงการก่อสร้างประมาณ 30 กว่าปีที่ผ่านมาแต่จำนวนของชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ใช้ในตัวอาคารมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณงานทั้งหมด สำหรับอาคารสูงในกรุงเทพมีการนำชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาใช้ในอาคารน้อยมาก (ประมาณน้อยกว่า 5% ของการก่อสร้าง) โดยส่วนใหญ่งานที่เป็นชิ้นส่วนสำเร็จได้แก่บันได Parapets, Eaves และ Facade Panels

การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปเริ่มเป็นที่รู้จักในประเทศไทยมากขึ้นตั้งแต่ครั้งที่บริษัทซีคอนจำกัดนำคานและพื้นสำเร็จรูปมาใช้ในการก่อสร้างอาคารและในช่วง 10 ปี ก่อนหน้านี้บริษัทบางกอกแลนด์ จำกัด ได้นำระบบเข้ามาใช้กับคอนโดมิเนียมอุตสาหกรรมในโครงการเมืองทองธานีถนนแจ้งวัฒนะ แต่ในครั้งนั้นดูจะไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ต่อมาการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้นเมื่อคอนโดมิเนียมโครงการบ้านสวนธน ได้นำระบบนี้มาใช้และเป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้นในการเลือกใช้ระบบก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป จนในปัจจุบันผู้ประกอบการหลายราย ได้พิจารณาเลือกใช้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปเป็นระบบหลักของการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัย ทั้งส่วนของบ้านเดี่ยว ทาวเฮาส์ จนถึงประเภทอาคารชุด

2.2.2 ระบบโครงสร้างแบบต่างๆ

ในปัจจุบันได้มีการจดทะเบียนลิขสิทธิ์วิธีการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม หรือระบบสำเร็จรูปไว้ในประเทศต่าง ๆ มากกว่า 1,000 ระบบขึ้นไป ส่วนใหญ่ เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นในประเทศยุโรปทางตะวันออก และประเทศแถบสแกนดิเนเวีย [9] ระบบเหล่านี้อาจแยกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ คือระบบแผ่นผนังรับน้ำหนัก, ระบบเสาและคาน, ระบบเสาและแผ่นพื้นและระบบกล่อง [10]

2.2.2.1 ระบบแผ่นผนังรับน้ำหนัก (Load Bearing Structure or Panel System)

ระบบนี้ไม่เป็นที่คุ้นเคยในประเทศไทยแต่ได้ใช้กันกว้างขวางในยุโรปในการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัย วิธีการก่อสร้างนั้น ผนังสำเร็จรูปขนาดเท่าความสูงของชั้นจะถูกนำมาติดตั้งบนพื้นสำเร็จรูป หลักจากนั้นก็จะนำแผ่นพื้นสำเร็จรูปวางบนผนังเช่นนี้เรื่อย ๆ ไป

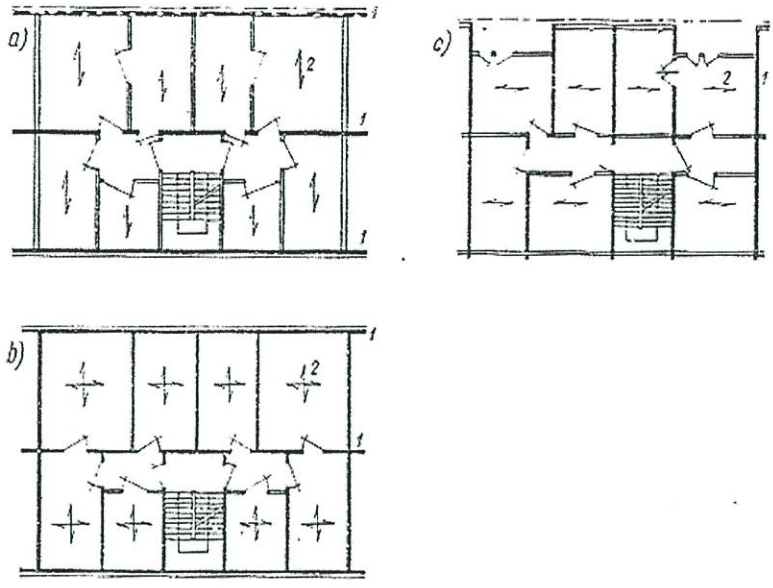
ผนังและพื้นในระบบนี้สามารถผลิตได้ง่าย ๆ โดยการหล่อกับแบบที่วางนอนกับพื้น ในวิธีการหล่อแบบนี้ สามารถจะปรับความหนาของแผ่นได้โดยสะดวกในระบบหล่อชุดเดียวกัน การผลิตผนังอีกแบบหนึ่งก็คือการหล่อแผ่นในทางแนวตั้งเรียกว่า Battery Casing ในวิธีนี้แบบสำหรับหล่อจะวางตั้ง และมีแผ่นเหล็กกั้นเป็นช่อง ๆ ตามความหนาของผนังที่ต้องการ การเทคอนกรีตครั้งหนึ่งจะได้แผ่นผนังครั้งละจำนวนมาก ๆ

แผ่นพื้นเหล่านี้จะเสริมเหล็กตะแกรง 2 ชั้น , มีการฝังท่อเดินไฟฟ้า, ท่อน้ำ ไว้เสร็จก่อนที่จะเทคอนกรีต ผิวคอนกรีตจะออกมาเรียบโดยไม่ต้องฉาบปูนอีกครั้ง เมื่อเทคอนกรีตจะต้องทิ้งระยะบ่มคอนกรีตเพื่อให้คอนกรีตแข็งตัว ระยะเวลาที่ต้องรอก่อนที่จะสามารถถอนคอนกรีตออกจากแบบนี้ สามารถเร่งให้เร็วขึ้นได้ โดยวิธีการอบด้วยไอน้ำ ซึ่งหลังจาก 24 ชั่วโมงแล้วก็สามารถถอดออกจากแบบได้สำหรับผนังที่จะต้องเจาะช่องประตูหน้าต่างก็เพียงกั้นแบบเป็นช่องเปิดไว้เท่านั้น ในแบบชุดเดิม

ในขั้นการผลิตชิ้นส่วนผนังและพื้นในระบบนี้นั้นเป็นระบบโครงสร้างที่สามารถผลิตชิ้นส่วนได้ง่ายที่สุดมากกว่าระบบอื่น ๆ ทั้งหมด ขั้นตอนต่อไปหลังจากผลิตก็คือการประกอบ และติดตั้งแผ่นผนังเหล่านี้เข้าที่ ซึ่งนับรวมตั้งแต่การขนส่งชิ้นส่วนที่มีน้ำหนักมาก จากโรงงานไปถึงบริเวณการก่อสร้าง การยกชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก ขึ้นไปติดตั้งให้ได้วางอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการทั้งในแนวราบและแนวดิ่งเหล่านี้เป็นขั้นตอนที่มีปัญหามาก จำเป็นต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญ และมีความประณีตในการทำงาน

การรับแรงทางด้านโครงสร้างของระบบนี้ ก็คือการถ่ายเทแรงจากพื้นลงที่แนวผนังรับน้ำหนักทั้งหมด ดังนั้นผนังจึงใช้ประโยชน์ไม่เฉพาะเพียงการเป็นผนังกั้นห้องเท่านั้น หากยังจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างแทนเสาและคานไปพร้อม ๆ กันด้วย นอกจากนี้แผ่นผนังจะทำหน้าที่โครงสร้างอย่างสำคัญในอาคารเพื่อต้านทานแรงลมอย่างมีประสิทธิภาพดีมากกว่าโครงสร้างแบบเสา และคานอีกด้วย

ระบบการวางผนังรับน้ำหนักมี 3 วิธี คือระบบวางแนวผนังรับน้ำหนักไปในทิศทางแนวเดียวกับความยาวของอาคารเรียกว่า long-wall system ระบบวางแผนผนังรับน้ำหนักให้ขวางกับความยาวของอาคารเรียกว่า cross-wall system และระบบที่วางรับน้ำหนักให้รับน้ำหนัก จากพื้นทั้ง 2 แนวเรียกว่า two-way span system รูปแบบของทั้ง 3 ระบบแสดงได้ดังรูปที่ 2.6

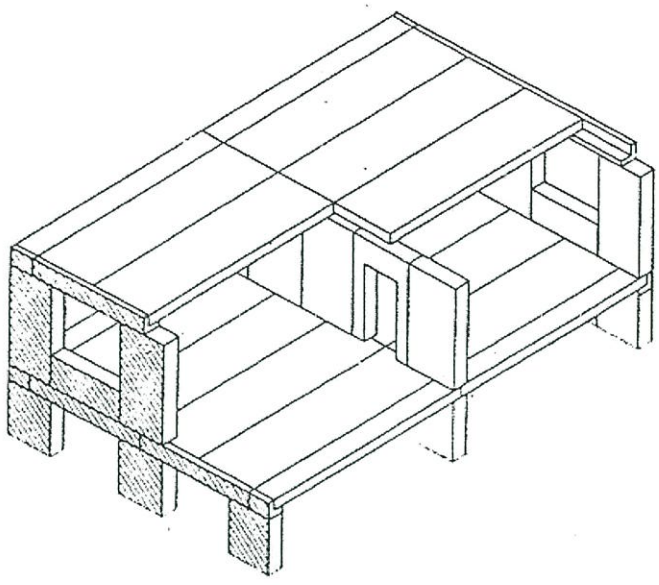


รูปที่ 2.6 วิธีการจัดวางผนังเพื่อรับน้ำหนักของพื้น [10]

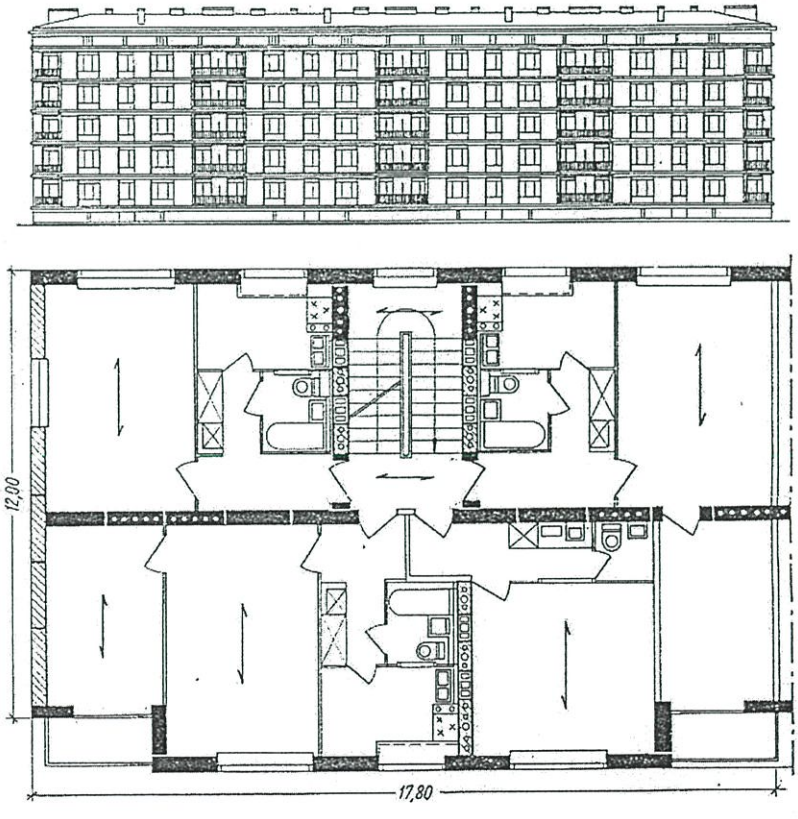
(a) long-wall system (b) two-way system (c) cross-wall system

- **Long-Wall System** ระบบนี้สังเกตได้โดยดูทิศทางของแผ่นพื้นที่วางพาดน้ำหนักมาลงผนังส่วนที่เป็นผนังด้านหน้า และผนังด้านหลังของอาคาร ดังแสดงในรูปที่ 2.7 และ 2.8 ระบบนี้มีใช้อยู่บ้างในประเทศโปแลนด์ และประเทศในกลุ่มยุโรปตะวันออก อาคารที่ใช้ระบบนี้ว่าจะต้องมีช่องเปิดที่จะเป็นหน้าต่างของห้องเล็กกว่าปกติ เนื่องจากผนังส่วนที่เป็นหน้าต่างที่จะต้องใช้เป็นผนังที่รับน้ำหนักของพื้นที่ต้องนำมาพาดวางลงไว้ด้วย จึงไม่เหมาะสมสำหรับอาคารที่พักอาศัยโดยเฉพาะที่พักอาศัยในประเทศเขตร้อน เช่น ประเทศไทยที่ต้องการช่องเปิดด้านหน้า และหลังของห้องเพื่อให้อากาศได้พัดถ่ายเทความร้อนระบบ

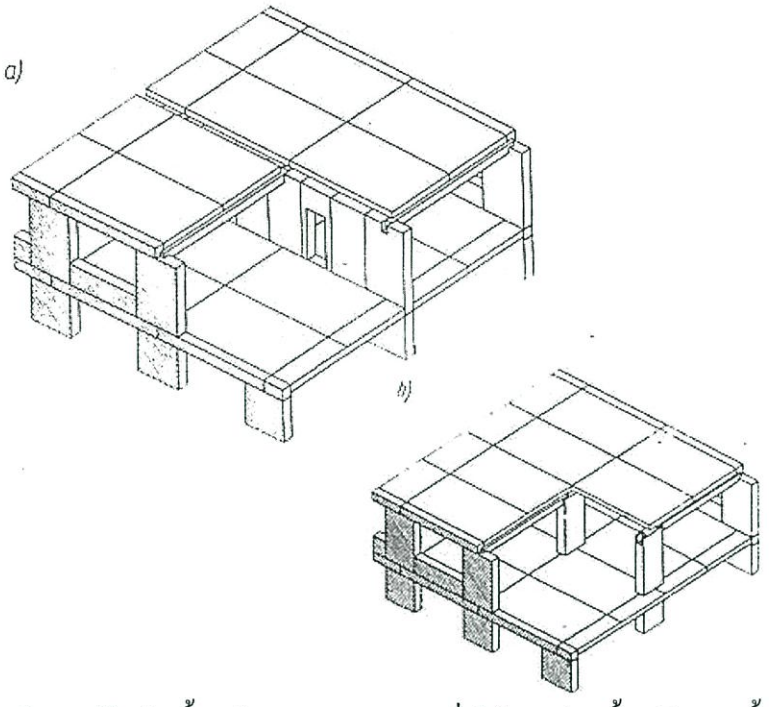
ระบบนี้มีข้อดีอยู่ที่สามารถเปิดช่องโล่งได้ตลอดในแนวตามความยาวของอาคาร เพราะไม่จำเป็นต้องมีผนังในแนวขวางมากั้นแต่อย่างใด จึงสามารถนำไปใช้กับอาคารประเภทสำนักงานหรือห้องเรียนได้แต่ความกว้างของห้องอาจถูกจำกัดด้วยความยาวของผนังพื้นที่อาจไม่สามารถพาดยาวได้ถึงระยะห่างของผนังจะรับน้ำหนักได้ ยกเว้นต้องออกแบบแผ่นพื้นเป็นพิเศษสำหรับวางพาดได้ระยะห่างมาก ๆ การแก้ไขปัญหานี้ อาจทำได้โดยวางคานพาดลงกำแพงรับน้ำหนักแบบ long-wall แล้วให้แผ่นพื้นวางพาดลงคานแทนที่จะพาดลงผนังห้องโดยตรง ดังเช่นในรูปที่ 2.9 ซึ่งจะทำให้ระบบยุ่งยากมากขึ้นเนื่องจากเป็นระบบที่ผสมระหว่างระบบผนังรับน้ำหนักผสมเสา และคานชิ้นส่วนแทนที่จะมีส่วนสำคัญเพียงผนังกับพื้น ก็จำเป็นต้องมีชิ้นส่วนที่เป็นคานเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยอีก



รูปที่ 2.7 แสดงระบบโครงสร้างแบบ Long Wall [10]



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างอาคารที่อยู่อาศัยในกรุงวอร์ซอ ซึ่งวางโครงสร้างแบบ Long Wall [10]

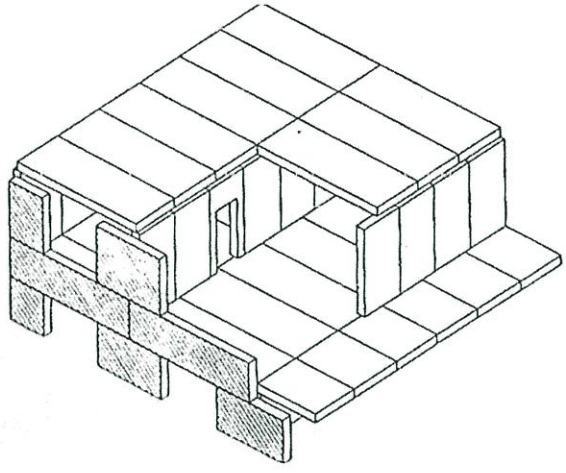


รูปที่ 2.9 การวางโครงสร้างรับน้ำหนักแบบ Long-wall ซึ่งใช้คานถ่ายน้ำหนัก จากพื้นมาสู่กำแพง (a) ระบบของ Moscow (b) ระบบของ Czechoslovakian [10]

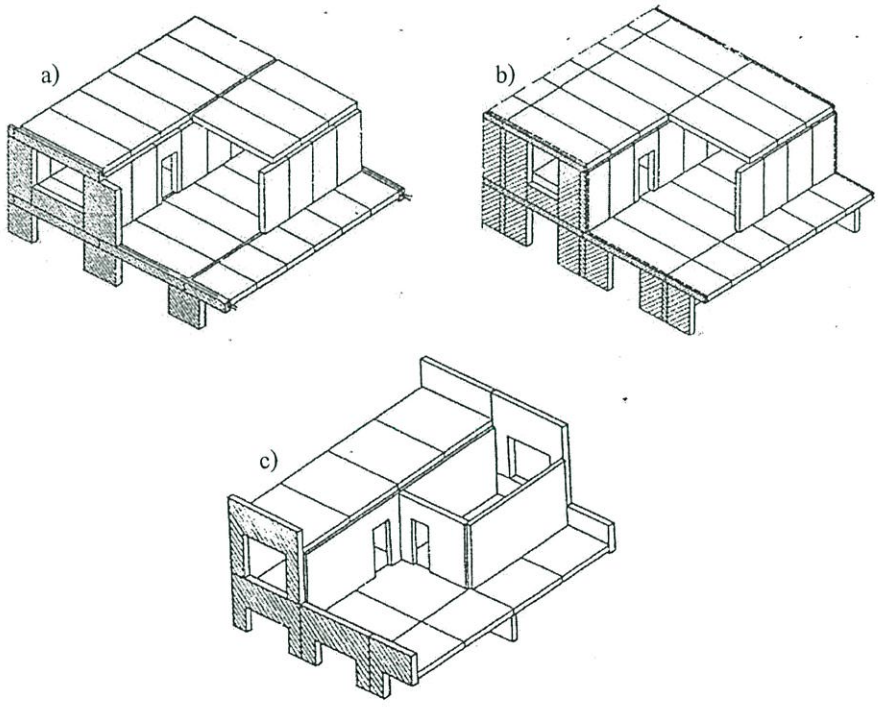
- **Cross-Wall System** ระบบผนังรับน้ำหนักในปัจจุบันส่วนใหญ่นิยมวางแผ่นผนังรับน้ำหนักขวางกับความยาวของตัวอาคาร ดังรูปที่ 2.10โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารประเภทที่อยู่อาศัย ซึ่งจำเป็นต้องมีผนังทางด้านขวางทึบตลอด เพื่อเป็นผนังกั้นระหว่างแต่ละหน่วยของที่พักอาศัยอยู่แล้ว ผนังทึบนี้สามารถใช้เป็นผนังรับน้ำหนักได้ดีกว่าผนังที่มีช่องหน้าต่างเปิดอย่างเช่นผนังรับน้ำหนักในระบบ long-wall โดยระบบ cross-wall นั้น ผนังด้านหน้าจะไม่มีส่วนในการช่วยรับน้ำหนักจากพื้นเลย ดังนั้น จึงสามารถเปิดด้านด้านหน้าให้โล่งได้ตลอด หรือใช้เป็นหน้าต่างขนาดใหญ่ได้ตลอดด้านหน้าและด้านหลังของห้อง หรือหากต้องการผนังที่มีความหนาและน้ำหนักมากทางด้านหน้าก็อาจใช้วิธีให้ผนังด้านหน้าวางซ้อนกันขึ้นไปเพื่อรับน้ำหนักผนังส่วนนี้ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.10 หรืออาจใช้วิธีติดตั้งผนังด้านหน้าของห้องด้วยวิธีการอื่น ๆ ก็ได้อีกหลายวิธีดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.11 โดยแบบ a) ผนังด้านหน้าจะวางอยู่บนแผ่นพื้นโดยมีผนังด้านชั้นล่างลงเป็นโครงสร้างรับน้ำหนัก ในแบบ b) จะใช้คานทับหลังวางบนผนังด้านตลอดช่องเปิดเพื่อใช้คานนี้เป็นตัวรับน้ำหนักผนังด้านหน้าแล้วส่งน้ำหนักผ่านลงชั้นล่าง ๆ ถัดไปตามลำดับ ในแบบ c) ใช้วิธีประกอบด้านหน้าเข้ากับกำแพง cross-wall ที่ใช้เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักอยู่แล้วโดยตรง

- **Two-Way Span** ระบบนี้เป็นระบบที่ให้น้ำหนักของพื้นลงสู่ผนังทั้งสองแนวคือทั้งในแนว cross-wall และ Long-wall นั่นคือผนังทั้งสองแนวจะถูกใช้เป็นผนังรับน้ำหนักทั้งหมด ในกรณี นี้พื้นที่ออกแบบจะแบ่งน้ำหนักไปลงผนังทั้งสี่ด้านแทนที่จะเป็นเพียงสองด้าน เช่น ระบบ cross-wall หรือ long-wall แสดงได้ดังรูปที่ 2.12 พื้นในระบบ two-way span นี้จะมีราคาถูกกว่า

พื้นที่ใช้ในระบบทั้ง 2 ระบบเดิมที่กล่าวมาแล้ว และประหยัดที่สุดหากขนาดของพื้นจะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส

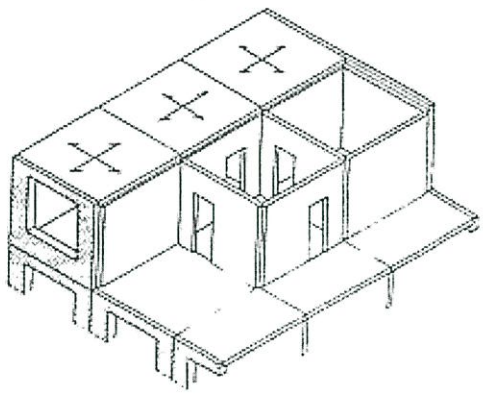


รูปที่ 2.10 แสดงระบบโครงสร้างแบบ Cross-Wall [10]

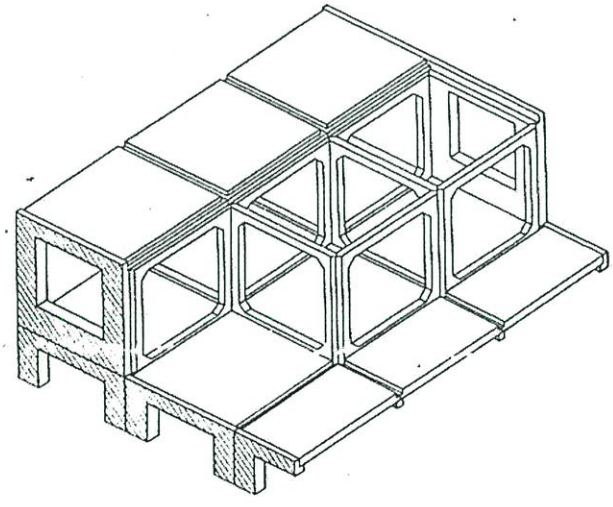


รูปที่ 2.11 การวางชิ้นส่วนผนังด้านหน้าวิธีต่างๆ ในระบบ cross-wall [10]
a) ผนังวางอยู่บนคานเสริมพิเศษ b) ผนังวางบนพื้น c) ผนังเกาะติดอยู่กับด้านข้างของกำแพง

ข้อดีอีกประการหนึ่งนอกจากจะได้พื้นที่ประหยัดแล้วก็คือระบบนี้จะเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรงมากกว่าระบบอื่น ๆ เนื่องจากมีองค์ประกอบของอาคารที่เป็นโครงสร้างในทุก ๆ แนวแต่ก็มีข้อเสียที่สำคัญก็คือสถาปนิกจะขาดความเป็นอิสระในการออกแบบเป็นอย่างมากเช่นไม่สามารถจะเปิดห้องติดต่อกันโดยตลอดได้ วิธีการแก้ไขก็คือจะเป็นจะต้อใช้ระบบเสาและคานเข้ามาประกอบด้วยในส่วนที่ต้องการจะเปิดโล่งหรือโดยการใช้ผนังแบบที่เป็นกรอบกลวงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.12 แสดงระบบโครงสร้างแบบ two-way span [10]



รูปที่ 2.13 แสดงระบบโครงสร้างแบบกรอบกลวง (ring-frame) [10]

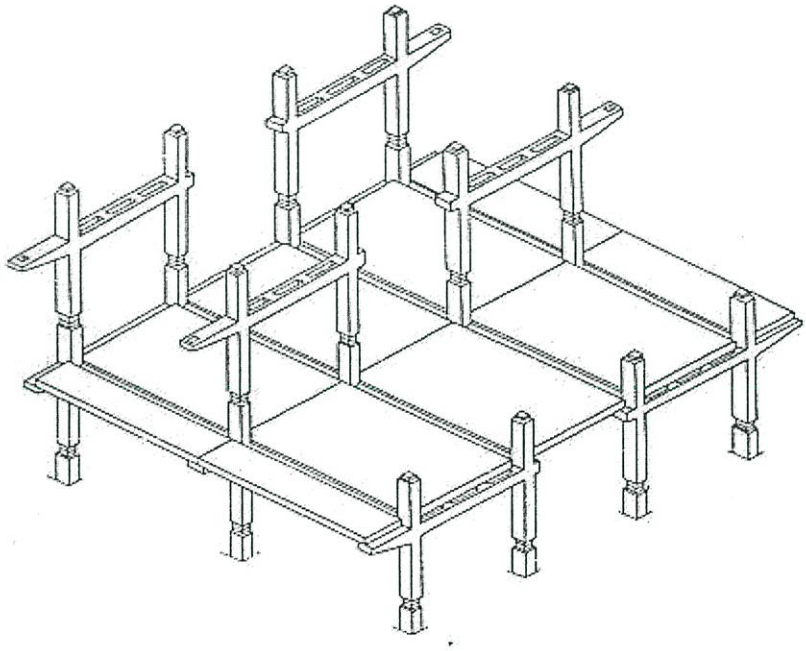
2.2.2.2 ระบบเสาและคาน (Skeleton Frame or Column and Beam)

ระบบนี้ก็คือระบบโครงสร้างที่รู้จักกันและใช้กันอย่างแพร่หลาย จนเกือบจะเป็นระบบแบบเดียวที่ใช้ในประเทศไทย แม้กระทั่งในอาคารที่สามารถใช้โครงสร้างแบบผนังรับน้ำหนักได้อย่างประหยัดกว่าระบบอื่น เช่น อาคารที่พักอาศัยก็ยังคงใช้ระบบเสาและคานเป็นส่วนใหญ่ ระบบเสาและคานนิยมใช้สำหรับอาคารที่ไม่สามารถใช้ระบบผนังรับน้ำหนักได้ เนื่องจากความจำเป็น

ทางด้านการใช้สอยที่ต้องการเปิดเนื้อที่ให้ผ่านถึงกันได้ตลอดเช่น อาคารโรงงาน สำนักงาน โรงเรือน เป็นต้น

หลักการของโครงสร้างแบบเสาและคาน ก็คือการรับน้ำหนักจากพื้นส่งมาที่คานจากคานส่งน้ำหนักลงเสาโครงสร้าง เสาและคานแบบสำเร็จรูปนอกจากจะแตกต่างจากโครงสร้างแบบหล่อคอนกรีตกับที่ในกรณีที่เสาและคานเป็นแบบหล่อสำเร็จรูปแล้วนำมาประกอบกัน แล้วยังมีความแตกต่างจากระบบหล่อกับที่อีกประการหนึ่งคือโครงสร้างเสาและคานสำเร็จรูป มักจะมีแนวคานสำเร็จรูปอยู่เพียงในแนวใดแนวหนึ่งเท่านั้น ไม่มีคานวิ่งเข้ามาหาเสาทั้งสี่ด้านเหมือนกับการหล่อกับที่ ทั้งนี้เพราะจะทำให้เกิดข้อยุ่งยากในการผลิตและติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปเป็นอันมาก ดังนั้นในระบบสำเร็จรูปจะมีคานเฉพาะในแนวที่รับน้ำหนักจากพื้นเท่านั้นส่วนในอีกแนวหนึ่งซึ่งไม่มีคานยึดนั้นจะถูกยึดโดยแผ่นพื้นหรือผนังดังรูปที่ 2.14

วิธีการต่อชิ้นส่วนของเสาและคานคอนกรีตเข้าด้วยกันมีความยากกว่าระบบแผ่นพื้นรับน้ำหนักเป็นอันมาก วิธีการต่อรอยต่อเสากับคานหลายวิธีก็ได้มาจากการเลียนแบบโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็กจนผู้กล่าวว่าผู้ที่จะออกแบบโครงสร้างสำเร็จรูปแบบเสาและคานได้ดีควรจะเป็นผู้ที่เข้าใจและศึกษารอยต่อของโครงสร้างไม้มาเป็นอย่างดีก่อน



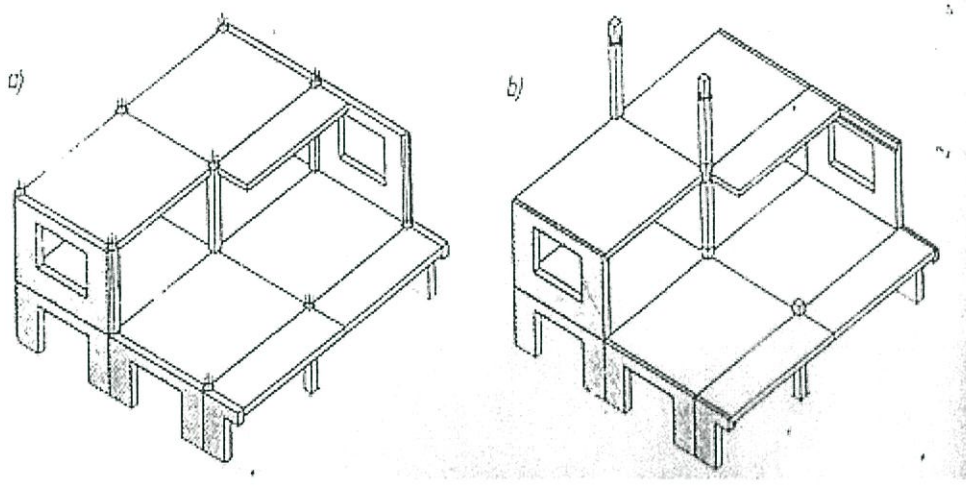
รูปที่ 2.14 แสดงระบบโครงสร้างแบบเสาและคาน (skeleton frame) [10]

2.2.2.3 ระบบเสาและแผ่นพื้นไร้คาน (Beamless Skeleton)

ระบบโครงสร้างชนิดนี้แผ่นพื้นจะวางไปบนเสาโดยตรงโดยไม่ต้องมีคานเช่นเดียวกับโครงสร้างประเภท Flat Slab เสาจะต้องวางห่างกันไม่เกินขนาดของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่จะวางบนเสาทั้งสี่ได้ ตามหลักการแล้วแผ่นพื้นที่จะสามารถวางอยู่บนปลายของเสาเพียงสี่จุดนั้นจะต้องมี

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ความหนาและปริมาณเหล็กในคอนกรีตมากเป็นพิเศษกว่าแผ่นพื้นชนิดอื่น ๆ ทั้งหมด แต่จะได้ประโยชน์ในด้านความสะดวกรวดเร็วในการประกอบและติดตั้งเนื่องจากสามารถตัดองค์ประกอบของโครงสร้างที่สำคัญไปได้หนึ่งส่วนนั้นคือคาน โดยจะมีพื้นที่ถูกใช้ให้ทำหน้าที่แทนคานเพื่อยึดเสาให้เป็นโครงสร้างต่อเนื่องทั้งอาคาร โครงสร้างแบบนี้ควรที่จะมีการคำนวณต้านทานแรงลมเป็นพิเศษหรือต้องวางแผนให้มีผนังคอนกรีตเพื่อรับแรงลมรวมอยู่ในโครงสร้างด้วยดังแสดงในรูปที่ 2.15 ส่วนในรัสเซียได้มีการนำระบบเสาและแผ่นพื้นประกอบกับระบบผนังรับน้ำหนักแบบ Long wall (รูปที่ 2.15 b)) ซึ่งจะทำให้ได้อาคารที่มีช่องเปิดโล่งโดยตลอดได้ ตัวอย่างของโครงสร้างแบบเสาและแผ่นพื้นที่นำมาใช้ได้แก่โครงการ Wierzbno ในโปแลนด์ดังแสดงในรูปที่ 2.16

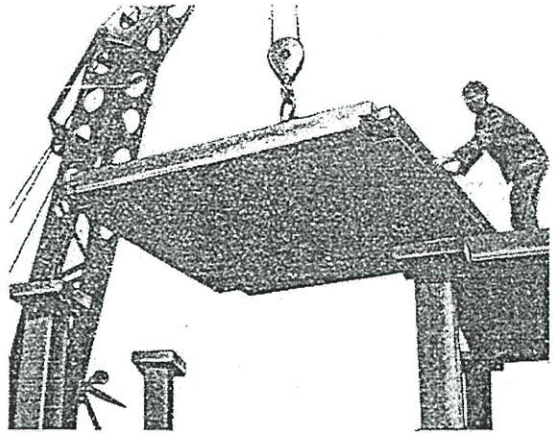


รูปที่ 2.15 แสดงระบบโครงสร้างแบบเสาและพื้นไร้คาน (beamless skeleton system) [10]
a) การใช้เสาเป็นโครงสร้างรับน้ำหนัก b) การใช้เสาและผนังเป็นโครงสร้างรับน้ำหนัก

2.2.2.4 ระบบกล่อง (Box System)

ระบบนี้เป็นระบบที่ประเทศรัสเซียได้พัฒนาขึ้น และต่อมาได้ใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายโครงการของรัสเซียเอง ชิ้นส่วนต่าง ๆ จะถูกประกอบหรือหล่อขึ้นเป็นกล่องสามมิติเท่ากับห้องหนึ่งห้องจากนั้นก็จะมีการตกแต่งภายใน ติดอุปกรณ์ไฟฟ้า ระบบประปาต่าง ๆ เสร็จเรียบร้อยมาจากโรงงานแล้วจึงนำไปวางประกอบเรียงกันเป็นชั้น ๆ ในบริเวณการก่อสร้างดังแสดงในรูปที่ 2.17 นับว่าเป็นระบบที่สามารถลดแรงงานคนและเวลาที่ต้องใช้ในที่หน่วยงานก่อสร้างได้มากที่สุดกว่าระบบใด ๆ ในปัจจุบัน

87864

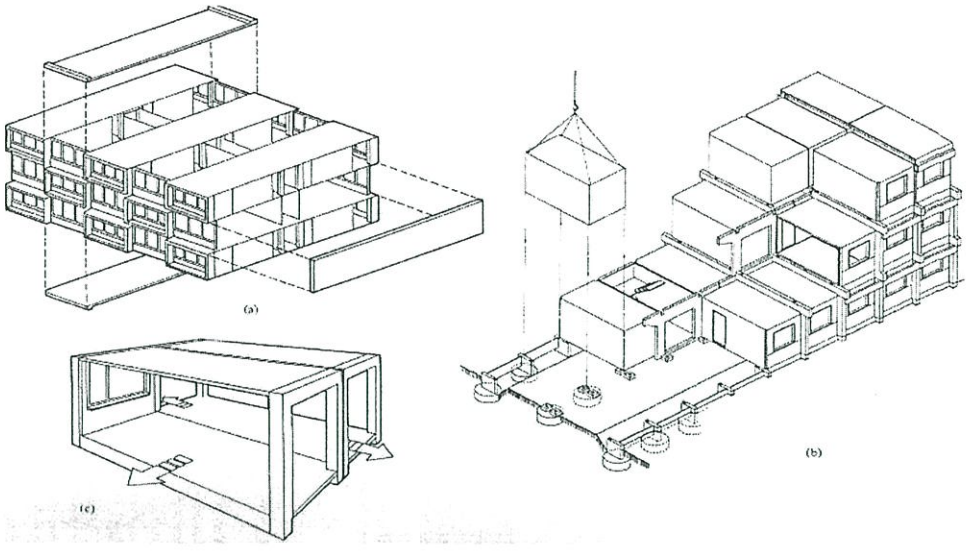


รูปที่ 2.16 แสดงระบบโครงสร้างแบบเสาและพื้นไร้คานในประเทศโปแลนด์โครงการ Wierzbno [10]

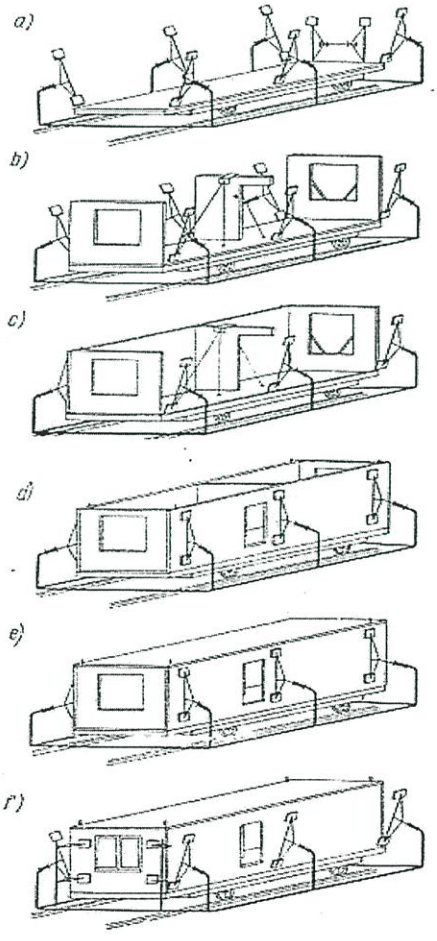
ระบบกล่องในปัจจุบันจะมีน้ำหนักตั้งแต่ 12-16 ตัน และมีขนาดพื้นที่ห้องประมาณ 3.5-10 เมตร โดยแบ่งเป็น 2 ระบบย่อยคือ

- ประเภทขนาดเบาหรือประเภทเดี่ยว ส่วนมากใช้กับอาคารบ้านพักอาศัยที่ประกอบด้วยห้องนอน ห้องน้ำ ห้องรับแขก และครัวรวมอยู่ในโครงรูปกล่องหนึ่งหรือสองหน่วยต่อกัน ทุกส่วนหรือทั้งหลังทำสำเร็จรูปจากโรงงานงานที่หน่วยงานก่อสร้างก็มีเพียงเตรียมเสาไว้สำหรับรองรับเมื่อยกส่วนสำเร็จรูปดังกล่าวเข้าที่ติดตั้งท่อระบายน้ำ ท่อน้ำใช้ ไฟฟ้า เท่านั้นก็เข้าอยู่อาศัยได้ทันทีวัสดุก่อสร้างที่ใช้เป็นโครงสร้างหลักมักจะเป็นไม้เพื่อต้องการลดน้ำหนักให้เบาสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย และที่เลือกใช้โครงเป็นเหล็กหรือคอนกรีตก็มีทำกันแต่เป็นส่วนน้อย
- ประเภทขนาดหนักหรือประเภทกลุ่ม ได้แก่เอาโครงสำเร็จหนึ่งหน่วยดังกล่าวมาประกอบต่อร่วมกันเข้าหลาย ๆ หน่วยอาจเรียงกันเป็นแถวทางนอนเป็นอาคารประเภทเรือนแถวหรือเรียงต่อซ้อนกันทางตั้งขึ้นไปหลาย ๆ ชั้นวิธีซ้อนต่อกันอาจจัดเรียงต่อแบบสลับช่องเพื่อให้เกิดช่องว่างระหว่างหน่วยทำให้ได้หน่วยเพิ่มพิเศษขึ้นจากการใช้ผนังเพดานร่วมของหน่วยข้างเคียงเป็นการประหยัดวัสดุไปในตัวหรืออาจจัดวางให้แต่ละหน่วยเรียงชิดกันทั้งทางดิ่งและทางนอนดังรูปที่ 2.17

Box System ถือได้ว่าเป็นระบบที่เข้าถึงระดับงานอุตสาหกรรมชั้นสูงสุด เพราะงานส่วนใหญ่ทำสำเร็จจากโรงงานทั้งสิ้นแม้กระทั่งการปูพรมพื้นประดับรูปภาพที่ผนังเป็นต้น โดยกระบวนการประกอบชิ้นส่วนของระบบแสดงไว้ในรูปที่ 2.18 ข้อเสียของระบบนี้อยู่ตรงที่แต่ละหน่วยมีขนาดใหญ่มี่น้ำหนักมากทำให้ขนส่งลำบากต้องใช้อุปกรณ์ยกขนาดใหญ่พิเศษ และนำมาใช้ได้กับอาคารบางประเภทเท่านั้น



รูปที่ 2.17 แสดงการจัดรูปแบบของโครงสร้างจาก box unit [10]



รูปที่ 2.18 แสดงกระบวนการประกอบชิ้นส่วนของ box-unit [10]

2.2.3 ระบบพิกัดประสาน (Modular Coordination)

ระบบพิกัดประสานเป็นชุดของเกณฑ์การกำหนดระยะของระบบสำเร็จรูป ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป โดยเกณฑ์ดังกล่าวเป็นขั้นตอนเริ่มต้นในการเข้าสู่ระบบเปิด "Open system" ซึ่งหมายถึงระบบที่สามารถมีการแลกเปลี่ยน หรือคัดเลือกการใช้ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นจากผู้ผลิตที่แตกต่างกันได้ วัตถุประสงค์สำคัญของระบบพิกัดประสานได้แก่

1. ลดความหลากหลายของการกำหนดขนาดชิ้นส่วนในการผลิตของผู้ผลิตแต่ละบริษัทและผู้ออกแบบอาคาร โดยการยอมรับขนาดชิ้นส่วนที่มีหน่วยการวัดที่เป็นมาตรฐาน (basic module) และการจำกัดขนาดของชิ้นส่วนอาคารให้อยู่ในขนาดที่เป็นที่นิยม

2. เพื่อความสะดวกในการปรับชิ้นส่วนสำเร็จรูปในการติดตั้งแทนที่ชิ้นส่วนอื่นๆ ในทุกตำแหน่งใดของอาคาร ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการกำหนดตำแหน่งของชิ้นส่วนจากการอ้างอิงจากแนวโมดุล (Modular grid) แทนการอ้างอิงจากชิ้นส่วนอื่นๆ

ระบบพิกัดประสานที่ใช้เป็นมาตรฐานในประเทศต่างๆ ประกอบด้วยหัวข้อสำคัญคือ โมดุลพื้นฐาน preferred multimodules แนวอ้างอิงโมดุล การกำหนดขนาดของชิ้นส่วน, การกำหนดพิกัดของชิ้นส่วนตามระนาบดิ่ง ช่องเปิด และชิ้นส่วนพิเศษ ซึ่งจะได้อธิบายต่อไป

- **โมดุลพื้นฐาน (Basic Module)**

หน่วยความยาวพื้นฐานหรือโมดุลของชิ้นส่วนอาคารจะถูกกำหนดขึ้น เช่น M = 100 มม. นั่นคือการยอมรับ 1M เป็นหน่วยพื้นฐาน แทนการใช้หน่วย 1 ซม. = 10 มม. ที่ใช้ในการก่อสร้างแบบหล่อในที่ ซึ่งเป็นการจำกัดความแตกต่างในการกำหนดขนาดของชิ้นส่วน อย่างไรก็ตามสำหรับชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็ก เช่นความหนาของผนังหรือพื้น มีการยกเว้นให้ใช้ในรูปของโมดุลย่อยได้ เช่น M/2 (50 มม.) หรือ M/5 (20 มม.)

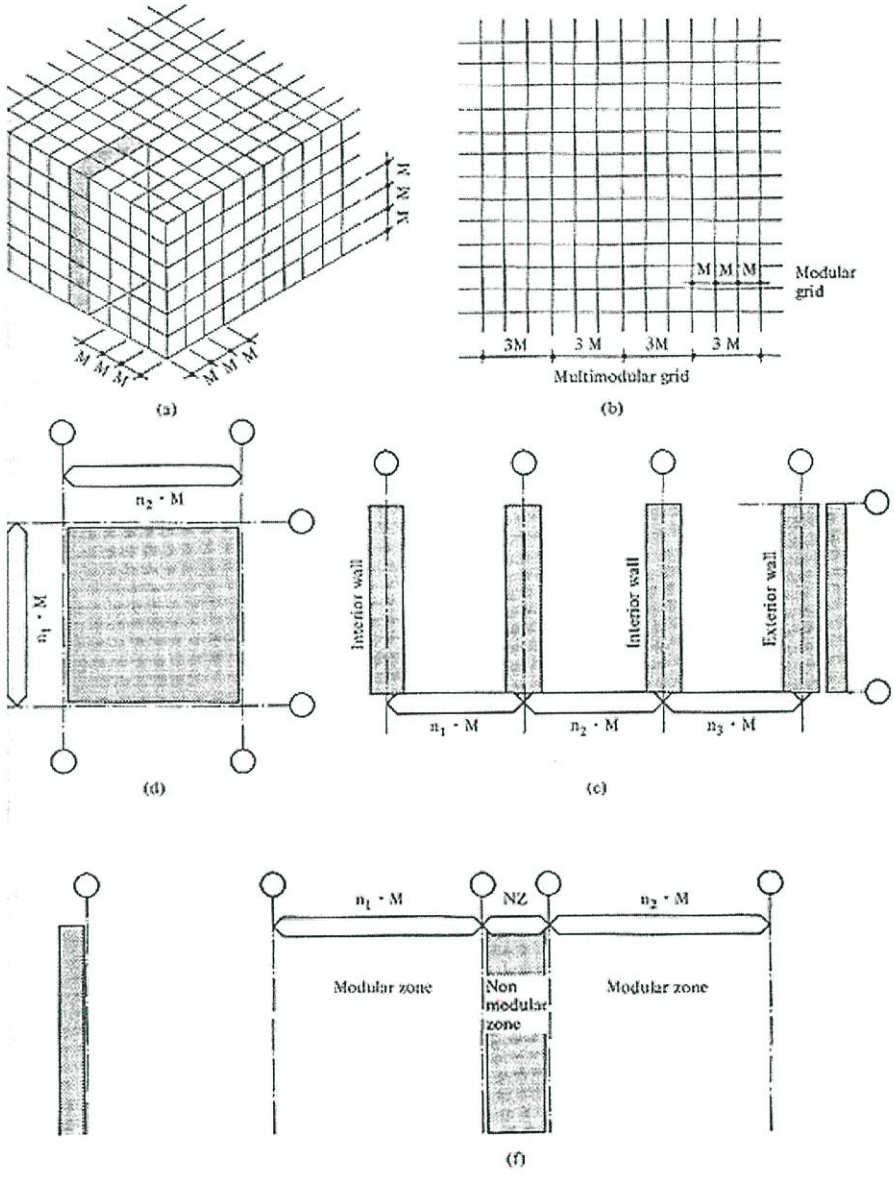
- **Preferred Multimodules**

เพื่อเป็นการลดความหลากหลายในการกำหนดขนาดของชิ้นส่วนขนาดใหญ่ เช่น พื้น หรือผนัง รวมจนถึงการกำหนดขนาดผังของอาคาร จึงควรอยู่ในรูปแบบของจำนวนเท่าของโมดุลพื้นฐาน ซึ่งเรียกว่า multimodules โดยขนาดที่มีการแนะนำโดย ISO คือ 3M 6M 12M 15M 30M และ 60M

- **แนวโมดุล (Modular Grid)**

กรอบสำหรับการอ้างอิงในการกำหนดตำแหน่งของชิ้นส่วนสำเร็จรูปในอาคารเป็นลักษณะของโมดุล 3 มิติ ดังแสดงในรูป 2.19(a) โดยผังในแนวราบแสดงดังรูปที่ 2.19(b) โดยเส้นแนวจะมีระยะห่างภายใน 1M และในด้านการออกแบบใช้ในด้านของการกำหนดตำแหน่งจุดรองรับ ระยะห่างของขอบผนัง ตำแหน่งขอบชิ้นส่วน อ้างอิงตาม multimodules (n • M) ตัวอย่างโมดุลในการออกแบบอ้างอิงตาม design modules ค่าของ n_1 n_2 n_3 ที่แสดงในรูปที่ 2.19(c)-(e) เป็นจำนวนเท่าของ design modules โดยทางเลือกในการอ้างอิงตำแหน่งของชิ้นส่วนมีได้หลายรูปแบบ อาจใช้เส้นแนวกลางชิ้นส่วน (center line) ซึ่งอาจเป็นเส้นเดียวกับแนวกริด แสดงในรูปที่ 2.19(c) โดยเป็นรูปแบบอ้างอิงปกติของเสาหรือผนังรับน้ำหนัก อีกรูปแบบหนึ่งเป็นการอ้างอิงสำหรับชิ้นส่วนหรือช่องเปิดที่ติด

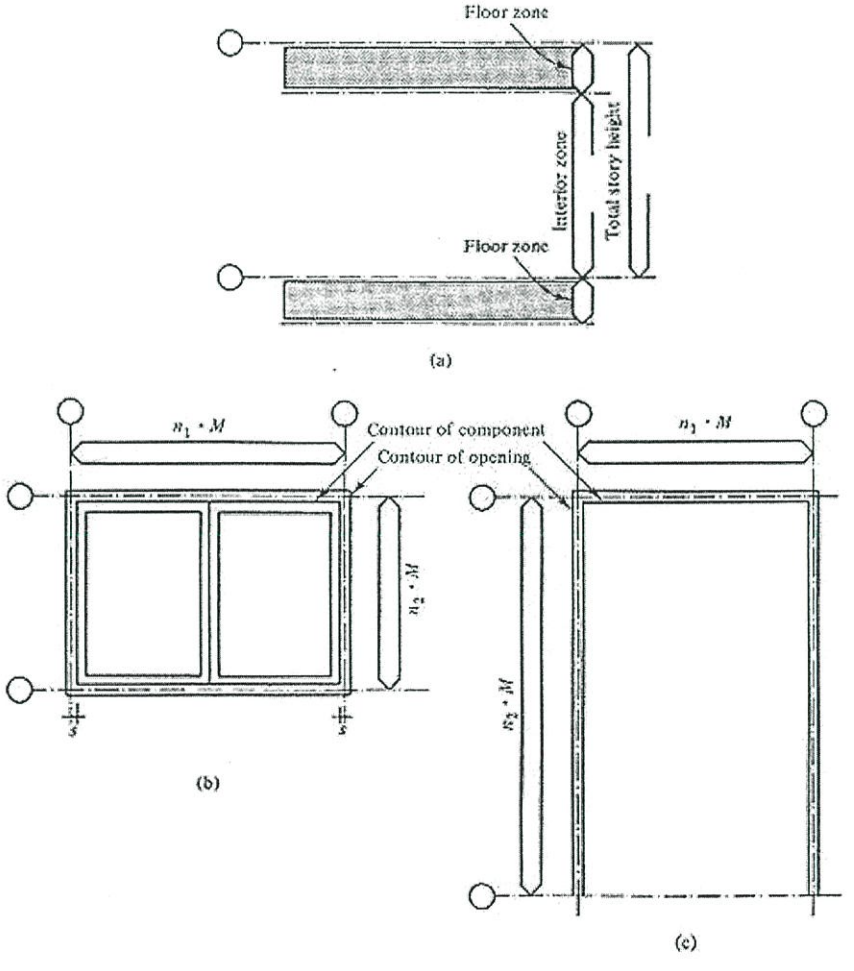
ตั้งอยู่ระหว่างแนวกริด ดังแสดงในรูปที่ 2.19(d) ในกรณีชิ้นส่วนติดตั้งอยู่ใกล้กับแนวกริด อาจอ้างอิงตามรูปที่ 2.19(e) สุดท้ายคือการเพิ่มพื้นที่ที่ไม่เป็นโมดุลเข้ามาในการอ้างอิงดังรูปที่ 2.19(f) โดยเกิดในกรณีที่ผนังรับน้ำหนักมีขนาดไม่เป็นโมดุลและต้องการให้พื้นที่ระหว่างผนังมีขนาดเข้าระบบโมดุล



รูปที่ 2.19 การแสดงตำแหน่งชิ้นส่วนบนแนว module grid (ตามแนวระนาบ) [8]
(a) ตำแหน่งบนแนวกริด 3 มิติ (b) modular และ multimodular grid ในแนวระนาบ
(c) ตำแหน่งแกนของชิ้นส่วนบน multimodular grid (d)-(e) ตำแหน่งขอบชิ้นส่วนบน multimodular grid และ (f) พื้นที่ nonmodular

- **การกำหนดขนาดชิ้นส่วนตามระนาบแนวดิ่ง (Vertical Dimensions)**

เกณฑ์ในการระบุพิกัดสามารถนำมาใช้กับการอ้างอิงในระนาบแนวดิ่งจาก modular grid 3 มิติ ซึ่งสามารถกำหนดได้อย่างสะดวกที่สุดคือแยกเป็นส่วนของพื้น (Floor Zone) และส่วนพื้นที่ว่างภายใน (Interior Zone) ดังแสดงในรูปที่ 2.20(a) โดยขนาดในการอ้างอิงอาจกำหนดจากระยะของความสูงภายนอก (Total story height) หรือจากระยะความสูงภายใน (Interior space height) ทั้งนี้ความสูงภายนอกที่เป็นที่นิยมคือ 27M 28M และ 30M โดยระยะนี้ใช้เป็นค่ากำหนดขนาดของชิ้นส่วนผนังภายนอกและขนาดของความสูงบันได ในส่วนของระยะความสูงภายในมักจะอยู่ที่ 24M 25M และ 26M โดยจะเป็นค่ากำหนดผนังภายใน ผนังรับน้ำหนักและการตกแต่งผนัง ในส่วนของประตูและหน้าต่างที่อ้างอิงตามระบบโมดุล แต่การผลิตในแต่ละประเทศอาจมีมาตรฐานที่แตกต่างกัน ดังนั้นขนาดของชิ้นส่วนอาจเล็กกว่าขนาดของโมดุลและช่องเปิดอาจกว้างกว่าขนาดของโมดุลเช่นกันดังรูปที่ 2.20(b)-(c)



รูปที่ 2.20 ระยะควบคุมแนวดิ่ง [8]

(a) ระยะความสูงของชั้น (b)-(c) ระยะของชุดหน้าต่าง ประตู

2.2.4 หลักเกณฑ์การพิจารณาออกแบบ

ในเชิงวิศวกรรมแล้วมีหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาการออกแบบและการเลือกรูปแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปนำมาเป็นข้อกำหนดในการออกแบบดังนี้

- **น้ำหนักบรรทุก**

จะต้องพิจารณาและกำหนดให้ชัดเจนว่าจะออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะต้องรับแรงกระทำชนิดต่าง ๆ เท่าใด

○ น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load) ซึ่งจะมีน้ำหนักของชิ้นส่วนคอนกรีตเองและน้ำหนักโครงสร้างอื่น ๆ ที่ชิ้นส่วนนั้นรองรับอยู่

○ น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) ทั้งในแนวราบ และแนวดิ่ง ซึ่งเป็นน้ำหนักที่เกิดจากการใช้งาน

○ แรงอันเนื่องจากลม (Wind Load) ซึ่งมีทั้งในรูปแบบแรงกระทำในแนวราบและแนวดิ่ง นอกจากนี้ลมอาจจะทำให้เกิดการสั่นการแกว่งหรือโยกตัวของอาคารได้

○ แรงจากการสั่นสะเทือนเป็นแรงจากอุบัติเหตุหรือแรงจากสิ่งที่ไม่คาดคิด (Vibration, Accident, Unforseen) ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปควรออกแบบให้มีส่วนเผื่อเหลือเพื่อรับแรงที่ไม่คาดคิดหรือแรงจากอุบัติเหตุทั้งขณะก่อสร้างหรือภายหลังการก่อสร้างตัวอย่างเช่นแก๊สระเบิด รถชนผนังอาคารเป็นต้น

- **ขั้นตอนการก่อสร้าง**

เพื่อให้ได้รูปแบบของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่เหมาะสมที่สุดการออกแบบจะต้องคำนึงถึงขั้นตอนการก่อสร้างดังนี้

○ พื้นที่ทางเข้าและถนน (Access Area Available) กรณีที่พื้นที่ก่อสร้างอาคารมีถนนทางเข้าที่สะดวกกว้างขวางก็สามารถเลือกใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปขนาดใหญ่ได้และหากมีที่ว่างโดยรอบอาคารก็จะสามารถใช้เครื่องมือหนักประเภทรถเครนได้ (Mobile Crane หรือ Crawler Crane) แต่หากไม่มีที่ว่างเพียงพออาจจะต้อง ทาวเวอร์เครน (Tower Crane) ซึ่งจะยกชิ้นส่วนคอนกรีตที่หนักมากไม่ได้ขึ้นกับความเหมาะสมแต่ละอาคาร

○ รูปร่างลักษณะของอาคาร (Building Layout) อาคารพักอาศัยที่มีกำแพงจำนวนมากและมีรูปร่างซ้ำ ๆ กันจะเหมาะสมกับระบบโครงสร้างผนังรับแรงที่ใช้เป็นชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปเพราะสามารถผลิตซ้ำ ๆ กันจำนวนมากจากโรงงาน อาคารสำนักงานซึ่งไม่ใคร่มีผนังถาวรย่อมจะไม่เหมาะกับการใช้ระบบโครงสร้างผนังรับแรงได้ แต่อาจใช้เป็นระบบโครงเฟรมรับโมเมนต์และผนังโดยรอบอาคารจะเป็นผนังกันตกสำเร็จรูป

○ โรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast Factory) กรณีที่มีโรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปอยู่ใกล้หน่วยงานก่อสร้างก็จะให้ความสะดวกรวดเร็วในการก่อสร้างถ้าในสถานที่ก่อสร้างมีพื้นที่เพียงพอในปัจจุบันเทคโนโลยีและเครื่องมืออุปกรณ์ดีขึ้นมากทำให้สามารถสร้างโรงงานเฉพาะกิจขึ้นในหน่วยงานก่อสร้างได้ในเวลาอันรวดเร็ว กรณีที่โรงงานผลิตชิ้นส่วน

อยู่ไกลจากหน่วยงานก่อสร้างควรออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปให้มีขนาดเล็กลง และมีรูปแบบที่ซ้ำกันจำนวนมากเพื่อใช้ทดแทนกันได้ลดปัญหาการจัดลำดับการขนส่งและการเก็บสต๊อกที่หน่วยงาน

○ ขั้นตอนการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Erection Process) ขั้นตอนการประกอบติดตั้งขณะก่อสร้างจะเป็นตัวบังคับให้ชิ้นคอนกรีตมีรูปแบบและขนาดที่ต่าง ๆ กัน

○ พื้นที่กองเก็บชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Stocking Area) การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปควรจะมีพื้นที่กองเก็บชิ้นส่วนสำเร็จรูปพอสมควร และจะต้องจัดคิวการขนส่งบรรทุกชิ้นส่วนให้แม่นยำและตรงเวลาซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวกในการยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปติดตั้งกรณีที่ไม่มีพื้นที่กองเก็บอาจทำให้การก่อสร้างล่าช้าออกไปกว่ากำหนดการได้มาก

- **เครื่องจักรกล และขนาดชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป**

○ เครื่องจักรกลที่มีอยู่ (Equipment Available) เครื่องจักรกลที่มีอยู่ในเวลาและสถานการณ์ขณะก่อสร้างจะเป็นตัวแปรสำคัญที่กำหนดขนาดชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และกำหนดวิธีการขั้นตอนการประกอบติดตั้ง อย่างไรก็ตามปัจจุบันปัญหาเหล่านี้จะค่อย ๆ ลดน้อยลงเนื่องจากการติดต่อคมนาคมสะดวกขึ้นนอกจากนี้เทคโนโลยีเครื่องจักรกลก้าวหน้าขึ้นมากทำให้สามารถผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

○ น้ำหนักที่มากที่สุดของชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Maximum Weight of Component) น้ำหนักของคอนกรีตของชิ้นส่วนที่หนักมากที่สุดจะเป็นตัวบังคับให้เลือกเครื่องจักรกล (ทั้งในโรงงานและในหน่วยงาน) ที่มีกำลังเพียงพอรวมทั้งวิธีการประกอบติดตั้งจะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของชิ้นส่วนด้วย

○ ขนาดที่ใหญ่ที่สุดของชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Maximum Size of Component) การเลือกขนาดชิ้นส่วนที่ใหญ่ที่สุดจะต้องคำนึงถึงขั้นตอนการผลิตการขนส่งและการประกอบติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปการขนส่งชิ้นส่วนตามถนนหลวงจะถูกจำกัดความกว้างของตัวรถบรรทุกไม่เกิน 2.5 เมตร และสูงไม่เกิน 4 เมตร ฉะนั้นชิ้นส่วนที่มีขนาดกว้างและความยาวเกิน 2.5 เมตร จะต้องขนส่งในลักษณะตั้งหรือเอียงแต่ความสูงก็ต้องไม่เกิน 4 เมตร ยกเว้นแต่จะมีการขออนุญาตเป็นพิเศษ

○ ขั้นตอนการประกอบติดตั้ง (Sequence of Erection) ขั้นตอนหรือความสามารถที่จะประกอบติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้การออกแบบชิ้นส่วนมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกันไปและยังมีผลกับความรวดเร็วในการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปด้วย

○ พื้นที่ทางเข้าที่ต้องการ (Access Area Required) การออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะต้องคำนึงถึงอย่างมากว่าขณะประกอบติดตั้งจะมีพื้นที่พอเพียงที่จะทำงานได้จริง Access Area ไม่ได้หมายถึงเฉพาะที่ดินหรือถนนรอบอาคารเท่านั้นแต่รวมถึงที่ว่างในอากาศด้วย อาทิเช่น ต้องคำนึงถึงว่าในแต่ละขั้นตอนขณะประกอบติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปเครื่องจักรที่ใช้ยกชิ้นส่วนจะต้องสามารถยกชิ้นส่วนไปวางลงตามตำแหน่งที่ต้องการได้โดยไม่ถูกกีดขวางกับส่วนอื่น ๆ ของอาคาร

- **ระยะเวลา**

ระยะเวลาเป็นสิ่งสำคัญและมีผลกับต้นทุนของการก่อสร้าง และเมื่อต้องการเร่งงานก่อสร้างให้ทันเวลาก็จะยิ่งมีผลต่อต้นทุนมากขึ้นด้วย

○ รอบระยะเวลา (Cycle Time) รอบระยะเวลาในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปและรอบระยะเวลาในการประกอบติดตั้งแต่ละส่วนของอาคารจะเป็นตัวกำหนดให้ต้องใช้เทคโนโลยีในการผลิ ตและใช้เครื่องจักรในการติดตั้งที่มีความสามารถทำงานให้ทันเวลาที่กำหนดไว้เช่นเมื่อต้องการให้สามารถผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปโดยมีรอบระยะเวลา 24 ชั่วโมงย่อมต้องใช้คอนกรีตเทคโนโลยีเพื่อเร่งให้คอนกรีตมีกำลังอัดสูงในเวลาที่รวมเร็ว

○ ระยะเวลาก่อสร้าง (Total Construction Time) ถ้าพิจารณารอบระยะเวลาของการผลิตและการขนส่งกับรอบระยะเวลาของการติดตั้ง และการประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป รอบระยะเวลาทั้งสองส่วนสามารถที่จะดำเนินการไปพร้อมกันได้ซึ่งถ้าพิจารณาการผลิตและการขนส่งสามารถดำเนินการไว้ก่อนหน้าแล้วรอบระยะเวลาของการติดตั้งและการประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะเป็นสิ่งควบคุมระยะเวลาของการก่อสร้างแต่ละโครงการว่าเทคโนโลยีการก่อสร้างที่เลือกใช้ทั้งหมดมีความเหมาะสมที่ทำให้การก่อสร้างสามารถแล้วเสร็จได้ทันเวลาหรือไม่

- **เสถียรภาพของโครงสร้าง**

การเลือกรูปแบบการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะต้องคำนึงถึงเสถียรภาพและความแข็งแรงของโครงสร้างอาคารทั้งในระยะสั้นและระยะยาวดังนี้

○ ระหว่างการก่อสร้าง (Construction Period) โครงสร้างที่ออกแบบและขั้นตอนการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อจะทำให้โครงสร้างมีเสถียรภาพเพียงพอไม่ล้มหรือพังทลายโดยง่าย ทั้งนี้อาจใช้อุปกรณ์ค้ำยันช่วยค้ำไว้ชั่วคราวขณะก่อสร้าง

○ ในระยะยาว (Long Term Condition) ในระยะยาวแล้วโครงสร้างจะต้องมีความคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศความสั่นสะเทือนจากแรงต่าง ๆ พอเพียงที่จะไม่พังทลายตลอดอายุของอาคารนั้น

○ การดัดแปลงในภายหลัง (Later Modification) อาคารคอนกรีตที่ก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูปย่อมจะมีขีดจำกัด ทำให้การดัดแปลงอาคารในระยะหลังจากการก่อสร้างยุ่งยากหรือทำไม่ได้ อย่างไรก็ตามการออกแบบโครงสร้างโดยเฉพาะจุดรอยต่อจะต้องมีกำลังสำรองไว้พอสมควรที่จะไม่ทำให้โครงสร้างพังทลายเสียหายอย่างร้ายแรงหากมีการดัดแปลงโครงสร้างโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ และหากเป็นไปได้ควรมีการวางแผนไว้ล่วงหน้าว่าหากต้องการดัดแปลงอาคารภายหลังจะสามารถทำได้กรณีใดบ้างและทำอย่างไรตัวอย่างเช่น กรณีทาวเฮาส์อาจเผื่อให้สามารถเจาะผนังรับแรงในตำแหน่งที่กำหนดไว้เพื่อให้สามารถเดินทะลุจากห้องหนึ่งไปยังอีกห้องหนึ่งได้

○ กลไกการพังทลายที่เป็นไปได้ (Possible Failure Mechanism) การออกแบบโครงสร้างควรคำนึงถึงว่ากลไกการพังทลายจะเป็นอย่างไร หากชิ้นส่วนสำเร็จรูปใดชิ้นส่วนหนึ่งแตกหักหรือหายไป การออกแบบที่ดีจะต้องให้โครงสร้างมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการพังทลายได้

น้อยที่สุดหรือพังทลายแต่เพียงบางส่วนโดยไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้คน นอกจากนี้จะต้องพิจารณาว่าในระหว่างการก่อสร้างจะมีโอกาสเกิดการพังทลายด้วยกลไกอย่างใดบ้างเพื่อจะได้ป้องกันมิให้เกิดกลไกการพังทลายเช่นนั้น

○ การพังทลายอย่างต่อเนื่อง (Progressive Failure) การออกแบบโครงสร้างชนิดนี้จะต้องป้องกันมิให้โครงสร้างเกิดการพังทลายอย่างต่อเนื่อง จะเป็นอันตรายต่อผู้อยู่อาศัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ เช่น ถังแก๊สระเบิด รถบรรทุกพุ่งชนชั้นล่างของอาคาร เป็นต้น

2.2.5 ขั้นตอนการออกแบบการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

การออกแบบอาคารสำเร็จรูปนั้นแบ่งพิจารณาออกเป็น 4 ส่วนคือ

- **รูปแบบความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร**

ความแข็งแรงและความปลอดภัยเป็นเรื่องที่สำคัญมากในการออกแบบอาคารสำหรับการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป ดังนั้นการออกแบบอาคารระบบสำเร็จรูปให้แข็งแรงปลอดภัย ลักษณะสำคัญขึ้นอยู่กับการออกแบบจุดรอยต่อของแต่ละชิ้นส่วน การทำให้จุดรอยต่อของแต่ละชิ้นส่วนหลังจากก่อสร้างเสร็จแล้ว มีคุณสมบัติแบบเดียวกับโครงสร้างที่ก่อสร้างด้วยระบบหล่อในที่ให้มีอยู่ในการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป (จุดรอยต่อระบบสำเร็จรูปต้องมีความแข็งแรงไม่น้อยกว่าจุดรอยต่อของระบบหล่อในที่)

รูปแบบความมั่นคงแข็งแรงของอาคารที่นำมาใช้ในการออกแบบ มีดังนี้

○ โครงสร้างเสารับโมเมนต์ (Columns Fixed to the Foundation)

ความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างทั้งหมด จะขึ้นอยู่กับเสาที่ยึดติดกับฐานราก คานที่ยึดติดกับเสาจะมีลักษณะเป็นแบบจุดหมุน (hang)

○ โครงสร้างเฟรมรับโมเมนต์ (Frames with Moment Connections)

ความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของจุดต่อของเสาและคาน ซึ่งมีความสามารถรับโมเมนต์ด้วย ข้อเสีย มีความซับซ้อนในการผลิตและขนส่ง และการติดตั้งกระทำได้ยาก

○ โครงสร้างผนังและคอร์รับแรง (Shear Walls and Cores) ความมั่นคงแข็งแรงของระบบนี้จะมีคอร์หรือแผ่นผนังเป็นตัวที่ทำให้ระบบนี้ มีความมั่นคงแข็งแรง ซึ่งสามารถจะใช้กับอาคารสูงได้ระดับหนึ่ง จุดรอยต่อระหว่าง คาน-คาน เสา-เสา และคาน-เสา การออกแบบจะเป็นจุดรอยต่อแบบจุดหมุน (hinge) สำหรับหลักการออกแบบและก่อสร้าง ส่วนคอร์จะดำเนินการหล่อในที่ส่วน คาน,เสา และพื้น หรือพื้น และผนัง จะเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป

○ โครงสร้างผนังรับแรงรอบอาคาร (Load Bearing Facades and Facade Tube) ความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างขึ้นอยู่กับน้ำหนักของโครงสร้าง โดยให้แรงในแนวดิ่งเท่ากับหรือมากกว่าแรงในแนวนอน

○ โครงสร้างผนังรับแรง (Bearing Wall Structures) ความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างขึ้นอยู่กับน้ำหนักของโครงสร้าง โดยให้โครงสร้างรับน้ำหนักในแนวตั้งอย่างเดียว ไม่รับแรงดึงในแนวนอน

○ ไดอะแกรมพื้นและหลังคา (Floor and Roof Diaphragms) เป็นระบบที่ใช้กันแพร่หลายในประเทศไทย โดยการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป เช่น ระบบพื้นแพล็งค์ (Plank) ระบบพื้นฮอลโลว์-คอร์ (Hallow Core) การใช้โครงสร้างระบบนี้จะสามารถก่อสร้างพื้นได้อย่างรวดเร็ว

○ โครงสร้างแบบเซลล์ (Cell Structures) เป็นการออกแบบโครงสร้างผนัง และพื้นรวมกันเป็นห้องแล้วนำมาประกอบติดตั้งโครงสร้างแบบเซลล์อาจจะทำงานสถาปัตยกรรม ติดตั้งระบบไฟฟ้าและประปามาเรียบร้อยแล้วความมั่นคงแข็งแรงจะอยู่ในรูปของระบบ Shear Wall ลักษณะของ Cell Structures ที่ทำการผลิตได้แก่ แบบระฆังคว่ำ (The Bell Type) แบบตัวยู (the U type) แบบตัวซี (the C type)

- **การออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป**

ในระหว่างการผลิต การขนส่ง การติดตั้ง และการประกอบจุดรอยต่อ จะมีความเค้น (Stress) ที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนสำเร็จรูป ผู้ออกแบบจะต้องมีการคำนวณและออกแบบ เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น

○ ความเค้นที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต มาจากแรงยึดเหนี่ยวที่ผิวของชิ้นส่วนสำเร็จรูปและแบบหล่อในขณะถอดแบบหล่อ รวมทั้งน้ำหนักของชิ้นส่วนสำเร็จรูปเองในขณะที่ยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากแบบหล่อ ดังนั้นไม่ควรยกชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยเฉพาะผนังคอนกรีตสำเร็จรูปจากแนวนอนขึ้นแนวตั้งโดยตรง ควรจะยกขึ้นมาทั้งแบบหล่อโดยให้แบบหล่อสามารถทำมุมกับแนวนอนได้ประมาณ 70 องศา แล้วถึงยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปออกจากแบบหล่อ หรือถ้าไม่สามารถยกแบบหล่อได้ก็ต้องรอให้คอนกรีตมีกำลังสูงตามที่ผู้ออกแบบกำหนดถึงจะยกได้ สำหรับความเค้นที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนสำเร็จรูปในระหว่างการขนส่ง การติดตั้งและการประกอบจุดรอยต่อ เนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

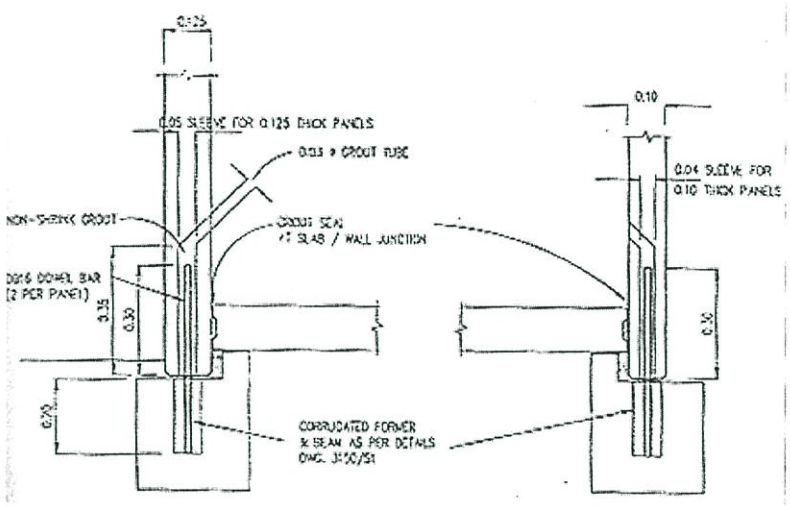
○ ในขณะขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูป แนวและตำแหน่งของชิ้นส่วนสำเร็จรูป ไม่ได้อยู่ในแนวและตำแหน่งที่ประกอบขึ้นเป็นโครงสร้างอาคาร เช่น เสาออกแบบเพื่อให้รับแรงในแนวดิ่งตามความยาวของเสา และแรงเฉือนที่เกิดจากแรงลมเมื่อติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว แต่ระหว่างการขนส่งและติดตั้ง เสาดังกล่าวจะทำหน้าที่รับน้ำหนักและความเค้นที่เกิดขึ้นเหมือนคาน

○ ชิ้นส่วนสำเร็จรูปต้องการค้ำยันจากชิ้นส่วนโครงสร้างอื่น ๆ เมื่อประกอบขึ้นเป็นโครงสร้างเสร็จแล้ว แต่ในขณะขนส่งและติดตั้งอาจจะไม่มี

- **การออกแบบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป**

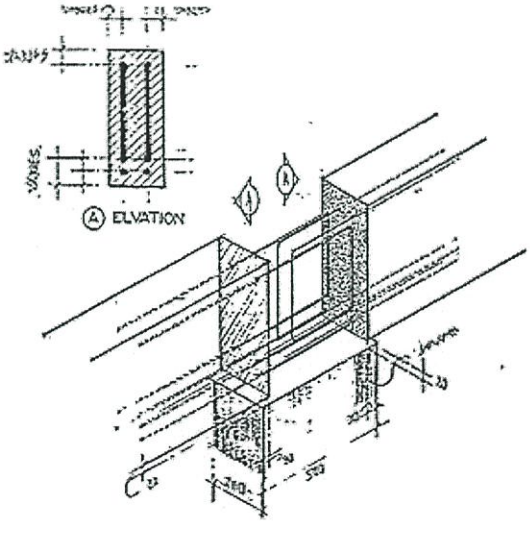
จุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป สำหรับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปมีความสำคัญต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างอาคาร จุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบ่งได้เป็น 3 ประเภท

○ จุดรอยต่อแบบเปียก (Wet Joint) จุดรอยต่อแบบเปียก เป็นลักษณะของจุดรอยต่อที่เกิดขึ้นจากการเกร๊าท์ จุดรอยต่อนี้จะไม่สามารถรับแรงต่าง ๆ ได้ทันที ต้องรอจนกว่าวัสดุมีความเข็งแตงตามข้อกำหนด จุดรอยต่อแบบนี้ได้แก่ จุดรอยต่อแบบการใช้เหล็กโดเวล-เกร๊าท์, แบบ Dry Packed ดังแสดงในรูปที่ 2.21 และ 2.22

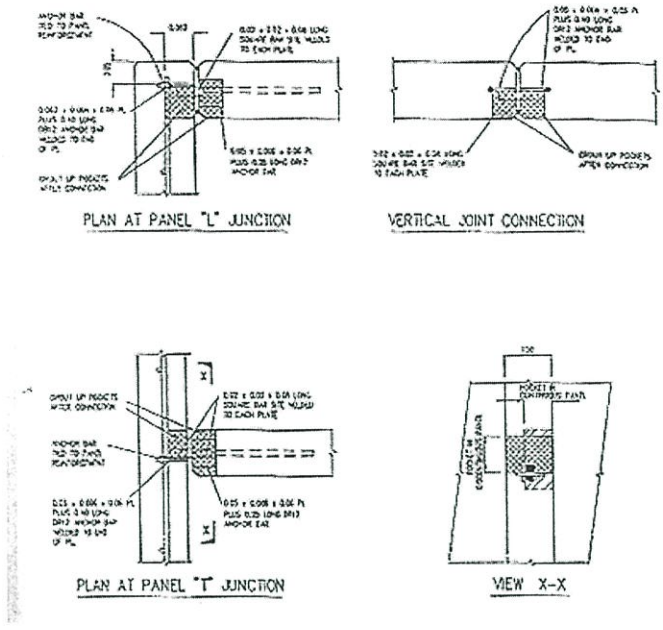


รูปที่ 2.21 จุดรอยต่อแบบการใช้เหล็กโดเวลและเกร๊าท์ด้วยนอนชริ้งค์ [7]

○ จุดรอยต่อแบบแห้ง (Dry Joint) จุดรอยต่อแบบแห้ง เป็นลักษณะของจุดรอยต่อที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมต่อของวัสดุที่สามารถรับแรงต่าง ๆ ได้ทันที จุดรอยต่อแบบนี้ ได้แก่ แบบการใช้โบลท์ (Bolting) แบบการเชื่อม (Welding) จุดรอยต่อแบบนี้ หลังจากทำงานเสร็จแล้ว จะทำการปิดรอยต่อด้วยมอร์ต้า อีพอกซี่ วัสดุกันซึม วัสดุกันสนิม อย่างใดอย่างหนึ่ง ขึ้นอยู่กับการออกแบบ ดังแสดงในรูป 2.23



รูปที่ 2.22 จุดรอยต่อแบบการใช้เหล็กโดเวลและเกร๊าท์ด้วยคอนกรีต [7]



รูปที่ 2.23 จุดรอยต่อแบบการเชื่อมแน่น [7]

○ จุดรอยต่อแบบอัดแรงภายหลัง (Post-Tensioned) จุดรอยต่อแบบอัดแรงภายหลังเป็นลักษณะจุดรอยต่อที่เกิดขึ้นภายในชิ้นส่วนสำเร็จรูปในแต่ละชิ้น หรือระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยจะใช้แทนดอน (Tendon) เป็นวัสดุที่ใช้ดึงและยึดปลายของเทนดอนไว้ที่ชิ้นส่วนสำเร็จรูป การดึงจะกระทำหลังจากหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสร็จแล้ว หรือหลังจากติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสร็จแล้ว

ตามพื้นฐานของการประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปของโครงสร้างอาคารที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป ต้องสามารถส่งผ่านแรงที่กระทำระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสร็จรูปของโครงสร้างได้ตามที่ออกแบบ แรงดังกล่าวประกอบไปด้วย

■ แรงอัด (Compression Forces) การส่งผ่านแรงอัดระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป สามารถจะใช้วิธีดังนี้

➢ การส่งผ่านแรงโดยตรง (Direct Contact) เป็นการถ่ายแรงอัดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่สัมผัสกันโดยตรง จะไม่มีวัสดุใดกั้นระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป เหมาะกับการใช้ที่มีแรงอัดหรือแรงกดดันไม่มากนัก

➢ การส่งผ่านแรงโดยผ่านวัสดุ (Transfer of Forces through Join Materials) เป็นการส่งผ่านแรงอัดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีวัสดุมารองระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป และไม่ทำให้ผิวสัมผัสของชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสียหาย

■ แรงดึง (Tensile Forces) การส่งผ่านแรงดึงระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป สามารถจะใช้วิธีดังนี้

➢ การทาบเหล็ก (Lapping of reinforcement Bars) เป็นลักษณะที่ใช้กันมาก เป็นการเว้นส่วนที่มีการทาบของเหล็กโครงสร้างที่ใช้รับแรงดึงและจะหล่อคอนกรีตในที่หลักจากติดตั้งเสร็จ จำนวนและปริมาณจะขึ้นอยู่กับการออกแบบ

➢ การใช้โบลท์ สามารถใช้ส่งผ่านแรงทั้งแรงดึงหรือแรงเฉือนลักษณะของโบลท์มีลักษณะเป็น แบบเกลียว แบบสมอ เป็นต้น

➢ การเชื่อม ลักษณะเหมือนการทาบเหล็ก และใช้ระยะทาบน้อยลงโดยใช้รอยเชื่อมแทน

➢ การรับแรงดึงภายหลัง (Post-Tensioned) เป็นลักษณะจุดรอยต่อที่เกิดขึ้นภายในชิ้นส่วนสำเร็จรูปในแต่ละชิ้นหรือระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยใช้เทนดอน (Tendon) เป็นวัสดุที่ใช้ดึงและยึดปลายของแทนดอนไว้ที่ชิ้นส่วนสำเร็จรูป การดึงจะกระทำหลังจากหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสร็จแล้ว หรือหลังจากติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสร็จแล้ว

- แรงเฉือน (Shear Force) การส่งผ่านแรงเฉือนระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปสามารถจะใช้วิธีดังนี้

➢ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุ (Friction bond)

➢ เหล็กเสริมรับแรงเฉือน (Shear keys)

➢ การใช้โบลท์

➢ การเชื่อม

- **การพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อน (Tolerance)**

การพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น เป็นการสมมุติหรือคาดเดาระยะที่จะผิดจากระยะที่แบบกำหนดที่เกิดขึ้น การปฏิบัติงานจริงค่าความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นได้มีดังนี้

○ ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Manufacturing Tolerances) ซึ่งอาจเกิดจากคุณสมบัติแบบหล่อ เช่น แบบหล่อบวมหรือยุบ (Swelling and Drying of Formwork) อาจเกิดจากการประกอบแบบหล่อคลาดเคลื่อนหรืออาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของคอนกรีต เช่น Shrinkage Creep และอุณหภูมิ ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นไม่ควรเกินค่าที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้หรือตามมาตรฐาน เช่น มาตรฐานของ PCI

○ เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากาการกำหนดระยะระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Setting-out Tolerance) อาจจะเป็นค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าระยะที่กำหนดไว้ ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นไม่ควรเกินค่าที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้หรือตามมาตรฐาน เช่น มาตรฐานของ PCI

○ เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Erection Tolerances) ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นไม่ควรเกินค่าที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้หรือตามมาตรฐาน เช่น มาตรฐานของ PCI

2.2.6 การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ขั้นตอนสำคัญในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปคือการจัดเตรียมโรงงานสำหรับการผลิต เนื่องจากในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้นต้องใช้แรงงานมาก ส่วนประกอบสำคัญของโรงงานคือ ลานหล่อ แบบหล่ออุปกรณ์ยกและพื้นที่เก็บสต็อก

- **โรงงานผลิต (Production Plant)** การจัดทำโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบ่งออกตามลักษณะของการใช้งานได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

1. โรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบชั่วคราว ใช้พื้นที่ในบริเวณสถานที่ก่อสร้างหรือบริเวณใกล้เคียงในการจัดทำโรงงาน เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการขนส่งในระยะทางไกล ๆ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการขนส่งขึ้น หรือรูปแบบของชิ้นส่วนสำเร็จรูปของอาคารที่มีปริมาณจำนวนหนึ่ง เมื่อเสร็จโครงการก็ไม่มีการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปในลักษณะเช่นนี้อีกแล้ว

2. โรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบถาวร เป็นการจัดหาพื้นที่ที่ทำโรงงานถาวรเพื่อใช้ในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป ที่มีปริมาณมากพอกับการลงทุน ไม่มีปัญหาด้านการขนส่งที่สำคัญ ต้องสามารถเปลี่ยนรูปแบบการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปต่าง ๆ ให้ได้ปริมาณมากพอและผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ส่วนงานโครงสร้างทั่ว ๆ ไปต้องใช้อยู่แล้ว เช่น เสาเข็ม แผ่นพื้นสำเร็จรูป

- **ลานหล่อ (Casting Yard)** ลานหล่อเป็นลักษณะของพื้นโรงงานที่ต้องมีคุณสมบัติคือ พื้นเรียบในแนวระนาบ มีความคงทน แข็งแรงและไม่ทรุดตัว เป็นที่ใช้สำหรับการจัดตั้งแบบหล่อ เพื่อใช้ในการผลิตและเก็บสต็อก

- **แบบหล่อ (Mould)** แบบหล่อเป็นเครื่องมือสำคัญในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปของโรงงาน เพราะแบบหล่อจะเกี่ยวพันถึงการใช้ต้นทุนในการผลิต ความแม่นยำของขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปและคุณภาพของชิ้นงาน การจัดเตรียมและเลือกใช้แบบหล่อ จะมีเงื่อนไขดังนี้

1. ปริมาณของคอนกรีตที่จะทำให้สามารถรักษาขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปอย่างแม่นยำในขบวนการผลิต
2. สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ (Re-Used) และต้นทุนในการดูแลรักษาต่ำ
3. ประกอบเข้ารูปตามรูปแบบของชิ้นส่วนสำเร็จรูป และน้ำปูนไม่รั่ว
4. มีความยึดเหนี่ยวกับคอนกรีตต่ำ (ถอดแบบง่าย) ทำความสะอาดง่าย
5. สามารถเปลี่ยนเป็นรูปทรงอื่นๆ ได้ง่าย
6. การเคลื่อนย้ายสะดวก

- **การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Production)** การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปเป็นขั้นตอนสำคัญมากขั้นตอนหนึ่ง เพราะต้องใช้แรงงานมาก วัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการก่อสร้างจะอยู่ในขั้นตอนนี้ และรวมไปถึงการควบคุมคุณภาพด้วย งานอาคารจะออกมาดีหรือไม่ ก็ขึ้นอยู่ที่ขั้นตอนนี้เพราะถ้าการผลิตชิ้นส่วนไม่ดีแล้วงานในขั้นตอนอื่นๆ ที่ตามมาก็จะดูไม่มีคุณภาพไปด้วย ซึ่งกระบวนการผลิตจะประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การประกอบแบบหล่อ เป็นการจัดแบบหล่อให้ได้รูปแบบและขนาดตามแบบที่กำหนดเพื่อการผลิต

2. การทำงานเหล็กเสริม เป็นการจัดเตรียมเหล็กเสริมคอนกรีต สำหรับการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

3. การเทคอนกรีต

4. การบ่มคอนกรีต เป็นการทิ้งช่วงเวลาไว้ให้คอนกรีตได้กำลังความแข็งแรงตามกำหนด

5. การถอดแบบหล่อ เป็นการถอดแบบหล่อคอนกรีตหลังจากคอนกรีตมีความแข็งแรงตามกำหนด

6. การเก็บชิ้นส่วนเข้าพื้นที่กองเก็บ

วัสดุสำคัญในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปคือ คอนกรีต เหล็กเสริม อุปกรณ์สำหรับประกอบจุดรอยต่อ อุปกรณ์สำหรับจุดยกและอุปกรณ์งานระบบไฟฟ้า ประปา ที่จะฝังภายในผนัง เหล็กเสริมคอนกรีตชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับแผ่นพื้น และแผ่นผนังจะเป็นเหล็กตะแกรงสำเร็จรูปไม่ต้องใช้ลวดผูกเหล็ก เพียงแต่ตัดเหล็กให้ได้ตามรูปและขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปเท่านั้นและเหล็กเสริมคานสำเร็จรูปจะใช้เหล็กเส้นธรรมดาและใช้ลวดผูกเหล็กให้ขึ้นรูปตามแบบ

ประการสำคัญสำหรับการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปนั้น จากการสอบถามผู้บริหารโครงการ เรื่องกำลังคอนกรีตจะต้องใช้กำลังสูงกว่าที่ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ เนื่องมาจากการยกชิ้นส่วนและขนส่งภายในระยะเวลา 8 - 10 ชั่วโมง ซึ่งต้องการกำลังคอนกรีตในขณะยกและขนส่งประมาณ 150 กก./ตร.ซม. และชิ้นส่วนสำเร็จรูปโดยทั่วไปจะไม่ผ่านการบ่มตามกระบวนการ เพราะจะทำให้สูญเสียเวลาในการก่อสร้างจึงต้องใช้คอนกรีตที่มีกำลังสูงกว่าที่กำหนด ซึ่งทำให้ต้นทุนในส่วนของงานคอนกรีตจะสูงกว่าการก่อสร้างระบบหล่อในที่

2.2.7 ขั้นตอนการจัดเก็บชิ้นส่วน

● **การจัดเก็บชิ้นส่วน** เป็นกระบวนการที่อยู่ระหว่างการผลิตและการติดตั้ง เป็นการประสานให้การทำงานไม่ขาดช่วง ทำให้การติดตั้งไม่ต้องรอการผลิตชิ้นส่วน การจัดเก็บชิ้นส่วนสำเร็จรูป แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

○ การจัดเก็บชิ้นส่วนหลังจากการผลิตเสร็จจากโรงงาน เป็นการจัดเก็บในบริเวณใกล้ๆ กับที่ทำการผลิต เพื่อป้องกันการขาดชิ้นส่วนในการติดตั้งและยังช่วยบ่มคอนกรีตอีกด้วย

○ การจัดเก็บชิ้นส่วนในบริเวณที่ดำเนินการติดตั้ง ทำให้สะดวกต่อการติดตั้งและลดปัญหาการขาดช่วงของชิ้นส่วนสำเร็จรูปเนื่องจากการผลิตและการขนส่ง

● **วิธีการจัดเก็บชิ้นส่วน** การจัดเก็บชิ้นส่วนอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยส่งเสริมให้การติดตั้งรวดเร็วและไม่สูญเสียเวลา ดังนั้นการจัดเก็บควรจัดทำดังนี้

1. ควรมีการจัดเรียงลำดับชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้สอดคล้องกับการติดตั้ง

2. รถขนส่งและเครื่องจักรที่ใช้ในการยกสามารถเข้าถึงได้สะดวก

3. ควรจัดเก็บชิ้นส่วนสำเร็จรูปในลักษณะเดียวกับการใช้งาน เช่น แผ่นผนังควรจัดวางในแนวตั้ง และแผ่นพื้นควรจัดวางในแนวนอน

● **อุปกรณ์สำหรับการจัดเก็บ** จะจัดทำขึ้นมาสำหรับใช้กับแผ่นผนังสำเร็จรูป เพราะต้องจัดวางแผ่นผนังแนวตั้งพร้อมที่จะใช้งานและการจัดวางในแนวตั้งของแผ่นผนังเพื่อลดโมเมนต์ดังที่จะเกิดขึ้นในขณะทำการยกแผ่นผนังพื้นและจัดวางบนพื้นราบที่ไม่ทรุดตัว โดยแผ่นล่างสุดจะมีวัสดุวางหนุนไว้ด้วย ส่วนคานสำเร็จรูปจะวางเรียงกันในแนวราบบนพื้นที่ราบไม่ทรุดตัว

2.2.8 ขั้นตอนการขนส่งชิ้นส่วน

การขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูป เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการดำเนินการก่อสร้าง เป็นการย้ายชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงานผลิตไปยังหน่วยงานก่อสร้าง ถ้าโรงงานที่ผลิตชิ้นส่วนอยู่ในสถานที่ก่อสร้างจะทำให้ต้นทุนการขนส่งลดลง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งในการพิจารณาเรื่องต้นทุนของโครงการ

2.2.9 การติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป

● **ขั้นตอนการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป**

○ งานก่อสร้างในที่ (Cast in Place) งานที่ดำเนินการในหน่วยงานนั้นจะประกอบด้วยงานตอกเสาเข็ม งานฐานรากและคานคอดิน และอาจรวมถึงงานพื้นชั้นล่าง ขึ้นอยู่กับแบบที่กำหนด โดยงานก่อสร้างที่หน่วยงานดังกล่าวสามารถดำเนินไปพร้อมกับการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปได้ ทำให้ช่วยลดระยะเวลาโดยรวมของโครงการ

○ งานติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Precast Element Installation) มีขั้นตอนดังนี้

■ ให้ชุดสำรวจกำหนดตำแหน่ง แนวดิ่ง และแนวระดับของชิ้นส่วนสำเร็จรูปแต่ละชิ้นที่จะทำการติดตั้งให้ถูกต้องตามที่แบบกำหนด

■ ดำเนินการยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปขึ้นติดตั้งตามแบบ และตามลำดับในตำแหน่งที่ชุดสำรวจจัดเตรียมไว้ โดยชิ้นส่วนที่จะนำขึ้นติดตั้งต้องทำการตรวจสอบตำแหน่งของจุดรอยต่อหรือรายละเอียดต่างๆ ให้เรียบร้อยก่อน และทำการติดอุปกรณ์สำหรับยึดกับอุปกรณ์ค้ำยันให้เรียบร้อยก่อนเพื่อความรวดเร็วในการดำเนินการติดตั้ง

■ จัดแนวดิ่งและระดับให้ได้ตามแบบและตามมาตรฐานการก่อสร้าง สำหรับการปรับดิ่งอาจใช้การปรับที่ค้ำยันเพื่อความสะดวก

■ ให้ดำเนินการติดตั้งตามแผนงาน และขั้นตอนการติดตั้งอาคารสำเร็จรูปตามชนิดและรูปแบบของแต่ละอาคาร

○ อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้ง การดำเนินการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ในการติดตั้งดังต่อไปนี้

- ชุดเครื่องมือสำรวจ ได้แก่ กล้องระดับ กล้องแนว ไม้สต๊าฟ เป็นต้น เพื่อใช้ในการวางแนวและระดับของชิ้นส่วนสำเร็จรูป
- แผ่นปรับระดับ (Shim Plate) เป็นแผ่นวัสดุใช้สำหรับหนุนปรับระดับชิ้นส่วนให้ได้ตามแบบ
- สายสลิง ขอเกี่ยว (Hook) และคานกระจายน้ำหนัก (Spreader Beam) เป็นส่วนเชื่อมต่อในการยก ระหว่างเครื่องจักรกลที่ใช้ยกกับชิ้นส่วนสำเร็จรูป
- เครื่องจักรกลที่ใช้ในการยก ได้แก่ รถเครน หรือทาวเวอร์เครน
- อุปกรณ์ยก (Lifting Hardware) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ติดกับชิ้นส่วนสำเร็จรูปตั้งแต่กระบวนการผลิต เพื่อใช้เป็นจุดสำหรับยกจากแบบหล่อและการยกสำหรับติดตั้ง
- อุปกรณ์ค้ำยัน เป็นอุปกรณ์ยึดชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้อยู่ในตำแหน่งชั่วคราวก่อนประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปต่างๆ ของส่วนโครงสร้างอย่างถาวร

- **การยกชิ้นส่วนสำเร็จรูป** การยกชิ้นส่วนสำเร็จรูป เป็นขั้นตอนสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นการยกในโรงงานหรือการยกติดตั้ง เพราะหากการยกเกิดขึ้นในเวลาที่ไม่เหมาะสม เช่น ขณะที่คอนกรีตยังไม่มีความแข็งแรงตามที่กำหนด หรือการยกในรูปแบบที่ไม่ถูกต้อง อาจทำให้ชิ้นส่วนเสียหายได้ และการออกแบบจุดยกและวิธีการยกอย่างถูกต้องจะเป็นการช่วยป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้
- **การค้ำยันชิ้นส่วนสำเร็จรูป** การค้ำยันชิ้นส่วนสำเร็จรูป เป็นการยึดชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้อยู่ในตำแหน่งในลักษณะของการใช้งานเอาไว้ชั่วคราว หลังจากการยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปติดตั้งก่อนทำการประกอบจุดรอยต่อให้เกิดความมั่นคงแข็งแรงตามกำหนดที่ออกแบบในการใช้งาน สำหรับจำนวนอุปกรณ์ค้ำยัน ถ้าเป็นผนังอิสระหรือไม่ยึดติดกับผนังอื่น (ติดตั้งเป็นผนังแรก) จะใช้อย่างน้อยจำนวน 2 ชุดต่อผนัง แต่ถ้าหลังจากติดตั้งแล้วมีผนังอื่นมาเชื่อมต่อซึ่งเปรียบเสมือนเป็นค้ำยัน ก็อาจลดค้ำยันบางส่วนลงได้ตามความเหมาะสม สำหรับคานสำเร็จรูปจะใช้ค้ำยันเป็นจำนวน 2 จุดต่อคาน และหลังจากประกอบจุดรอยต่อและใช้งานได้แล้วก็จะสามารถถอดค้ำยันออก
- **ขั้นตอนการประกอบจุดรอยต่อ** เป็นขั้นตอนที่ดำเนินงานต่อจากการติดตั้ง จุดรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นสิ่งสำคัญของการทำงานในระบบนี้ หน้าที่สำคัญของจุดรอยต่อคือการถ่ายแรงระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปและให้ความแข็งแรงกับโครงสร้างโดยรวม จุดรอยต่อที่ดีจะต้องไม่ยุ่งยากซับซ้อนเกินไปและต้องประหยัดต้นทุน ดังนั้นจุดรอยต่อจึงจำเป็นต้องมีคุณสมบัติหลายอย่างซึ่งประกอบไปด้วย ความแข็งแรง ความง่ายในการผลิตและติดตั้ง ความสะดวกในการบำรุงรักษา การเลือกจุดรอยต่อที่เหมาะสมกับโครงสร้างจะมีส่วนทำให้ต้นทุนของงานและระยะเวลาก่อสร้างลดลง

2.2.10 การทำงานตกแต่งสถาปัตยกรรม

งานสถาปัตยกรรมของอาคารที่ใช้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป จะแบ่งลักษณะงานออกเป็น 3 ประเด็นใหญ่ๆ คือ

- งานสถาปัตยกรรมที่ทำสำเร็จมากับชิ้นส่วนสำเร็จรูป
- งานสถาปัตยกรรมที่ทำมาบางส่วนกับชิ้นส่วนสำเร็จรูป เช่น วงกบประตู วงกบหน้าต่าง ที่ใส่ติดมากับชิ้นส่วนสำเร็จรูป หลังการติดตั้งแล้วจึงทำการตกแต่งและใส่บาน
- งานสถาปัตยกรรมที่ทำหลังจากการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปแล้วเสร็จ หลังการติดตั้งชิ้นส่วนแล้วจึงทำการตกแต่งงานสถาปัตยกรรม

สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในงานสถาปัตยกรรมอีกประการหนึ่งก็คือ พื้นผิวของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Surface Finish) พื้นผิวของงานแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปเป็นที่ถกเถียงกันมากถึงรูปแบบความต้องการ และความเหมาะสมสำหรับงานแต่ละชนิดของโครงการ ในต่างประเทศนั้นได้มีการระบุถึงความต้องการของพื้นผิวค่อนข้างชัดเจนว่าต้องการคุณภาพพื้นผิวที่ระดับใด มีมาตรฐานระบุถึงชั้นคุณภาพ (Class) ของงานตกแต่งผิวสำหรับที่จะใช้บริเวณใดของอาคาร เช่น ที่บริเวณโถงทางเข้าอาคารต้องเป็นชั้นคุณภาพที่ 1 ซึ่งหมายถึงจะต้องไม่มีฟองอากาศ ผิวเรียบสม่ำเสมอ ไม่มีรอยแตกหรือบิ่น ในขณะที่ชั้นคุณภาพที่ 4 หรือชั้นคุณภาพที่ 5 ซึ่งเป็นผิวที่มีคุณภาพต่ำ จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อเป็นส่วนที่มองไม่เห็น เช่น ใต้ฝ้าหรือมีวัสดุอื่นปกคลุม ในประเทศไทยนั้นระบบแผ่นสำเร็จรูปยังนับว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ยังไม่แพร่หลายนัก จึงยังไม่มีมาตรฐานใดๆ ที่ระบุชัดเจนว่าจะต้องมีคุณภาพของงานตกแต่งผิวระดับใดจึงจะเป็นที่ยอมรับได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับการตัดสินคุณภาพของพื้นผิวงาน จึงสมควรที่จะระบุในเอกสารสัญญาอย่างชัดเจนว่าบริเวณส่วนใดของอาคารต้องการคุณภาพพื้นผิวแบบใด โดยมาตรฐานเพื่อที่จะควบคุมคุณภาพจำเป็นที่ต้องมีข้อกำหนดที่สามารถตรวจสอบด้วยสายตาแทนตัดสินด้วยความรู้สึกหรือประสบการณ์ ทั้งนี้มาตรฐานที่ได้ทำการตกลงกันควรมีการระบุไว้อย่างชัดเจนก่อนการผลิตชิ้นส่วน ซึ่งอาจใช้เป็นลักษณะของชิ้นตัวอย่างสำหรับเปรียบเทียบ

2.2.11 ข้อดีและข้อเสียของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

ผู้วิจัยได้ศึกษาจากเอกสารต่าง ๆ การสำรวจ และสอบถามจากผู้รับเหมางานก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป พบว่าวิธีการก่อสร้างดังกล่าวมีทั้งข้อดีข้อเสียต่าง ๆ ดังนี้

- **ข้อดี ของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป**

1. สามารถลดระยะเวลาก่อสร้างได้ เนื่องมาจากสามารถผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปในโรงงานและดำเนินการก่อสร้างในส่วนของงานสนามในเวลาเดียวกัน

2. ลดความสูญเสียในงานคอนกรีต เช่น เมื่อเทคอนกรีตในที่จะทำมีคอนกรีตหกหล่นเนื่องจากการขนส่งและการเท ยิ่งทำในที่สูงหรือชิ้นส่วนที่แคบก็จะทำให้สูญเสียคอนกรีตมาก การทำงานในโรงงานของชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะทำให้สูญเสียคอนกรีตน้อย

3. งานคอนกรีตทำได้ง่ายขึ้น เช่นงานที่ต้องทำในที่สูงหรือพื้นที่ในการทำงานน้อย จะทำให้งานยุ่งยากและซับซ้อนต้องใช้เครื่องมือหลายอย่าง แต่ถ้าทำเป็นชิ้นส่วนสำเร็จในโรงงาน แล้วยกขึ้นติดตั้งจะทำให้ง่ายกว่า

4. ใช้งานแบบหล่อได้หลายครั้งกว่า แบบหล่อที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะมีขนาดและรูปแบบที่ชัดเจนแน่นอน การเคลื่อนย้ายแบบมีไม่มากทำให้แบบเสียหายน้อย

5. ใช้งานแบบหล่อได้ง่ายกว่าไม่ยุ่งยาก เพราะว่าการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปการกำหนดรูปแบบที่ชัดเจน มีขั้นตอนการประกอบแบบที่แน่นอนชัดเจน และเป็นการทำงานแบบส่วนใหญ่อยู่ในโรงงานจึงง่ายต่อการปฏิบัติงาน

6. การควบคุมคุณภาพทำได้ง่ายกว่า การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้นจะทำงานกันในโรงงาน พื้นที่จัดไว้ในการผลิตที่แน่นอน การขนส่ง การเก็บสต็อก การติดตั้ง และการประกอบจุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป ทุกงานมีขอบเขตการทำงานที่ชัดเจน มีวิธีการที่แน่นอนจึงสามารถควบคุมคุณภาพของงานได้ง่ายกว่า

7. ช่วยลดการเกิดเสียงดังจากการก่อสร้าง การผลิตชิ้นส่วนผลิตในโรงงานบริเวณสถานที่ก่อสร้างจะมีการทำงานจัดเก็บชิ้นส่วน งานติดตั้งและงานประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปเท่านั้น ดังนั้นการเกิดเสียงจึงน้อยมาก

8. การก่อสร้างไม่ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปนั้นการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะทำในโรงงาน ไม่ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ

9. ต้นทุนการก่อสร้างต่ำกว่า ถ้ามีจำนวนอาคารที่ก่อสร้างในแบบเดียวกันจำนวนหนึ่ง ต้นทุนที่ต่ำกว่านั้นจะมาจากส่วนประกอบอื่น ๆ ด้วย เช่นระยะเวลาการก่อสร้างที่เสร็จเร็วกว่าจะทำให้ลดต้นทุนดอกเบี้ยการกู้เงิน ลาดค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect cost) ลดการสูญเสียของวัสดุต่าง ๆ และใช้แรงงานคนน้อยกว่า ทำให้ลดการสูญเสียแรงงานจาการควบคุมงานไม่ทั่วถึงได้

- **ข้อเสียของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป**

1. ต้นทุนสูง การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้นต้องใช้แบบหล่อที่มีความแข็งแรงผลิตได้รูปแบบความต้องการ มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด การยกในโรงงาน การติดตั้ง ต้องใช้เครื่องมือเครื่องจักรเพื่อใช้ทำงาน

2. ความต้องการช่างที่ทำแบบหล่อต้องมีความชำนาญสูง เพราะแบบหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จะต้องได้ขนาดตามที่แบบกำหนดและมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อย

3. ช่างและคนงานจะต้องได้รับการฝึกฝนอบรมก่อนทำการก่อสร้าง การก่อสร้างในระบบอาคารสำเร็จรูปจะต้องทำงานเป็นขั้นตอนจะข้ามขั้นการทำงานไม่ได้ และต้องใช้ช่างและคนงานที่มีความชำนาญและได้รับการฝึกฝน

4. การขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับโครงการที่อยู่ในเขตกรุงเทพฯ จะมีปัญหาเรื่องการจราจรติดขัด ปัญหาการกำหนดเวลา การใช้รถบรรทุกขนส่ง และปัญหาน้ำหนักที่ขนส่ง

5. ต้องใช้เครื่องจักรกลหนักในการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป และต้องใช้คนขับที่มีความชำนาญสูง เนื่องจากงานติดตั้งเป็นงานที่ใช้ความละเอียดสูง

6. การติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปต้องเป็นลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้แน่นอน ปัญหาที่ตามมาก็คือ เมื่อการขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปบางชิ้นส่วนมาไม่ทัน หรือขาดสต็อกจะทำให้การก่อสร้างหยุดชะงักไม่สามารถติดตั้งชิ้นส่วนอื่นที่มีอยู่ได้

7. ดัดแปลงหรือต่อเติมอาคารได้ยาก ในกรณีที่อาคารที่ก่อสร้างเป็นระบบผนังรับแรง จะทำการทุบผนังเพื่อขยายห้องนั้นทำยากหรือทำไม่ได้ เช่น ลักษณะที่เป็นทาวนเฮาส์ 2 หลังติดกัน จะทำการทุบผนังเพื่อให้อาคารสองหลังต่อเนื่องเป็นหลังเดียวกัน นอกจากจะกำหนดไว้ก่อนทำการก่อสร้าง

8. หาผู้รับเหมายาก ปัจจุบันการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปจะมีการลงทุนในช่วงแรกสูง และเทคนิคของการก่อสร้างยังเป็นลักษณะเฉพาะของผู้รับเหมาแต่ละรายอีกด้วย ในกรณีที่ผู้รับเหมารายแรกทำงานแล้วไม่ประสบความสำเร็จจะหาผู้รับเหมารายใหม่มาแทนยาก เนื่องจากติดปัญหาด้านเทคนิคและการลงทุน

9. ขาดแคลนแรงงานที่มีฝีมือ (Skilled Labor) แรงงานที่มีฝีมือเป็นปัจจัยสำคัญ (ไม่น้อยกว่าผู้บริหารโครงการในส่วนต่าง ๆ) ที่จะทำให้งานก่อสร้างประสบความสำเร็จ

จากการพิจารณาข้อดีข้อเสียของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปพบว่า ข้อดีจะเน้นทางด้านความเร็วของการทำงาน ต้นทุนงานก่อสร้างส่วนงานระบบสำเร็จรูปต่ำควบคุมคุณภาพงานได้ง่ายกว่า และลดการสูญเสียวัสดุ จะเห็นว่าเป็นประโยชน์กับผู้ประกอบการผู้รับเหมา เป็นส่วนใหญ่กับผู้บริโภคและอื่น ๆ มีน้อย

ส่วนข้อเสียนั้นเป็นปัญหาทางด้านความพร้อมของผู้ประกอบการ เช่นต้นทุนในช่วงแรกสูง จัดหาช่างและแรงงานที่มีความชำนาญได้ยาก และข้อเสียบางส่วนจะตกอยู่กับผู้บริโภค เช่น การดัดแปลงต่อเติมอาคารทำได้ยาก

2.3 เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis)

การวิเคราะห์ปัจจัยหรือบางครั้งเรียกว่าการวิเคราะห์ตัวประกอบเป็นเทคนิคที่จะจับกลุ่มหรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มหรือปัจจัย (Factor) เดียวกัน ตัวแปรที่อยู่ในปัจจัยเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก โดยความสัมพันธ์นั้นอาจจะเป็นไปในทางบวก (ไปในทางเดียวกัน) หรือทิศทางลบ (ไปในทางตรงกันข้าม) ก็ได้ ส่วนตัวแปรที่อยู่คนละปัจจัยจะไม่มีความสัมพันธ์หรือความสัมพันธ์กันน้อยมาก [11]

2.3.1 วัตถุประสงค์ของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย

- เพื่อลดจำนวนตัวแปร โดยรวมตัวแปรหลาย ๆ ตัวให้อยู่ในกลุ่ม หรือปัจจัยเดียวกัน โดยที่จำนวนปัจจัยจะน้อยกว่าจำนวนตัวแปร ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันจะถูกจัดไว้ในปัจจัยเดียวกัน

เช่น งานวิจัยเรื่องหนึ่งมีตัวแปร 15 ตัว ($X_1,X_2,.....,X_{15}$) เมื่อใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยแล้วอาจจะเหลือเพียง 3 ปัจจัย

● เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง (Confirmatory)ในงานวิจัยบางเรื่อง ผู้วิจัยต้องกำหนดความสำคัญหรือน้ำหนักให้กับตัวแปร เช่น ถ้าต้องการสร้างดัชนีวัดประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งจะพิจารณาจากตัวแปรหลาย ๆ ตัว เช่น ผลงาน (X_1) ระยะเวลาปฏิบัติงาน (X_2) จำนวน (X_3) โดยที่สมการแสดงความสัมพันธ์ คือ

$$P = W_1X_1+W_2X_2+W_3X_3 \quad (2.1)$$

โดยที่ P = ประสิทธิภาพการทำงาน

W1, W2, W3 เป็นน้ำหนักของตัวแปร X1, X2, X3 ตามลำดับ

2.3.2 ประโยชน์ของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย

ลดจำนวนตัวแปร โดยการรวมตัวแปรหลาย ๆ ตัว ให้อยู่ในปัจจัยเดียวกัน โดยถือว่าปัจจัยใหม่ที่สร้างขึ้นเป็นตัวแปรใหม่ ที่สามารถหาค่าของปัจจัยที่สร้างขึ้นได้เรียกว่า Factor Score จึงสามารถนำปัจจัยดังกล่าวไปเป็นตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

● ใช้ในการแก้ปัญหาที่ตัวแปรอิสระของเทคนิคการวิเคราะห์ความถดถอยมีความสัมพันธ์กัน (Multicollinearity)

วิธีการอย่างหนึ่งที่ในการแก้ปัญหา Multicollinearity คือการรวมตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันไว้ด้วยกันโดยการสร้างเป็นตัวแปรใหม่หรือเรียกว่าปัจจัยโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยแล้วนำปัจจัยดังกล่าวไปเป็นตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์ความถดถอยต่อไปเนื่องจากปัจจัยดังกล่าวจะไม่มีความสัมพันธ์กันจึงเป็นการแก้ปัญหา Multicollinearity

● ทำให้เห็นโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษาเนื่องจากเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยจะหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ของตัวแปรทีละคู่แล้วรวมตัวแปรที่สัมพันธ์กันมากไว้ในปัจจัยเดียวกัน จึงสามารถวิเคราะห์ถึงโครงสร้างที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ปัจจัยเดียวกันได้

● ทำให้สามารถอธิบายความหมายของแต่ละปัจจัยได้ตามความหมายของตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ในปัจจัยนั้น ทำให้สามารถนำไปใช้ในด้านการวางแผนได้

2.3.3 หลักเกณฑ์ของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย

เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยใช้ในการลดจำนวนตัวแปร หรือ กล่าวได้ว่าเป็นเทคนิคที่ใช้ในการเปลี่ยนตัวแปรเดิมที่มีความสัมพันธ์กันให้เป็นตัวแปรหรือปัจจัยใหม่ ที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยที่ปัจจัยที่ได้เป็น Linear combination ของตัวแปรเดิม โดยพยายามนำรายละเอียดจากตัวแปรเดิมต่าง ๆ มาไว้ในปัจจัยให้มากที่สุด

2.3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย

การนำเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยไปวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดกลุ่ม หรือจำแนกกลุ่มตัวแปร แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 : การตรวจสอบว่าตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันหรือไม่

ถ้าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันมาก หรือมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญจะสามารถใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยได้ถ้าตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์กัน หรือมีความสัมพันธ์กันน้อยไม่ควรใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย โดยการพิจารณาดังนี้

- ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปัจจัยคู่ใดมีค่า +1 หรือ -1 แสดงว่าปัจจัยคู่นั้นที่ความสัมพันธ์กันมากควรอยู่ในกลุ่มปัจจัยเดียวกัน
- ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปัจจัยคู่ใดมีค่าใกล้ 0 แสดงว่าปัจจัยคู่นั้นไม่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก ควรอยู่คนละกลุ่มปัจจัย
- ถ้าปัจจัยใดที่ไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นๆ หรือมีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นๆ ที่เหลือน้อยมาก ควรตัดปัจจัยตัวนั้นออกจากการวิเคราะห์

ขั้นที่ 2 : การสกัดปัจจัย (Factor Extraction)

เป็นขั้นตอนย่อยของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยวัตถุประสงค์ของการสกัดปัจจัย คือ การหาจำนวนปัจจัยที่สามารถใช้แทนตัวแปรทั้งหมดทุกตัวได้ หรือเป็นการดึงรายละเอียดจากตัวแปรมาไว้ในปัจจัยวิธีการสกัดปัจจัยมีหลายวิธี โดยวิธี Principal component analysis หรือ PCA ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด วิธีการดังกล่าวอาศัยหลักของความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปัจจัยที่ใช้เป็นข้อมูล แต่ไม่มีการสมมุติเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลระหว่างปัจจัย เช่นการวิเคราะห์ปัจจัย 2 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงในทางบวก เส้นตรงที่ความลาดชันแสดงค่าความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้ง 2 เรียกว่าแกนหลัก (Principle Axis) ถ้ามีปัจจัยมากขึ้นจำนวนเส้นตรงก็จะมากขึ้นเพื่ออธิบายการผันแปรที่เหลือให้ได้มากที่สุด [12]

ขั้นที่ 3 : การหมุนแกนปัจจัยการวิเคราะห์ปัจจัย

จากการสกัดปัจจัยในขั้นที่ 2 กรณีที่ค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor loading) มีค่ากลาง ๆ ทำให้ไม่สามารถจัดตัวแปรว่าควรอยู่ปัจจัยใดได้นั้นจะต้องทำการหมุนแกน ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการหมุนแกนปัจจัยคือ เพื่อทำให้ค่าน้ำหนักปัจจัยของตัวแปร มีค่ามากขึ้นหรือลดลงจนกระทั่งทำให้ทราบว่าตัวแปรนั้นควรอยู่ในปัจจัยใด หรือไม่ควรอยู่ในปัจจัยใด

วิธีการหมุนแกนปัจจัย มี 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ

- วิธีการหมุนแกนแบบมุมฉาก (Orthogonal Rotation)

เป็นการหมุนแกนปัจจัยไปแล้วยังคงทำให้ปัจจัยต่าง ๆ ตั้งฉากกัน หรือเป็นอิสระกันแต่ทำให้ค่าน้ำหนักปัจจัยเพิ่มขึ้นหรือลดลง ซึ่งเป็นวิธีการหมุนแกนปัจจัยที่เป็นที่นิยมมากที่สุด เพื่อให้ปัจจัยแต่ละปัจจัยยังคงเป็นอิสระต่อกัน วิธีการหมุนแกนแบบมุมฉากสามารถจำแนกได้ 2 วิธีย่อยต่อไปนี้

○ แบบ Varimax เป็นแบบที่เน้นการแปลความหมายของปัจจัย โดยการลดจำนวนตัวแปรในแต่ละปัจจัยให้เหลือน้อยที่สุด จะทำให้ได้เฉพาะตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์ในการรวมตัวแบบเชิงเส้นสูง เป็นวิธีที่เลือกใช้ในการวิจัยนี้

○ แบบ Equamax เป็นแบบที่ต้องการแปรความหมายของทั้งปัจจัยและตัวแปร โดยเป็นการลดจำนวนทั้งจำนวนตัวแปรในแต่ละปัจจัย และลดจำนวนปัจจัยที่ใช้อธิบายความหมายของตัวแปร

- วิธีการหมุนแกนแบบมุมแหลม (Oblique Rotation)

เป็นการหมุนแกนปัจจัยไปในลักษณะที่ปัจจัยไม่ตั้งฉากกัน หรือ ปัจจัยไม่เป็นอิสระกันนั่นเอง แต่ทำให้ค่าน้ำหนักปัจจัยมากขึ้นหรือลดลง

ขั้นที่ 4 : การให้ความหมายหรือกำหนดชื่อแก่ปัจจัย

เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยจะต้องกำหนดชื่อหรือให้ความหมายแก่ปัจจัยหรือกลุ่มปัจจัยที่ได้ โดยพิจารณาว่าในกลุ่มปัจจัยนั้นๆ ประกอบด้วยตัวแปรอะไรบ้างที่เป็นสมาชิกอยู่ [13] ความหมายหรือชื่อของกลุ่มปัจจัยควรมีความสอดคล้องและครอบคลุมความหมายของปัจจัยที่เป็นสมาชิกอยู่ครบทุกปัจจัย

2.4 สรุป

จากทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปและเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อจัดกลุ่มตัวแปรตามที่ได้นำเสนอในเนื้อหาที่ผ่านมา ผู้วิจัยจะได้ใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการศึกษาในขั้นตอนต่อๆ ไป โดยการศึกษาใช้เนื้อหาดังกล่าวร่วมกับการวิเคราะห์การศึกษาของนักวิจัยท่านอื่นๆ ในด้านที่เกี่ยวข้องกับผลสำเร็จของงานก่อสร้างและในด้านของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปเพื่อสร้างกรอบแนวความคิดในการศึกษา โดยการวิเคราะห์การศึกษาของผู้วิจัยท่านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้นำเสนอไว้ในเรื่องของการทบทวนวรรณกรรมในบทต่อไป

บทที่ 3
การทบทวนวรรณกรรม

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวสรุปการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้ จากการศึกษาจากวารสารวิทยานิพนธ์และตำราวิชาการจากในประเทศและต่างประเทศ ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการทั่วไป ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

3.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้าง

โครงการก่อสร้างอาคาร เป็นอุตสาหกรรมแบบโครงการ นั่นคือเป็นกิจการที่มีคุณสมบัติที่มีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน มีกำหนดเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดและการดำเนินงานจะอยู่ภายใต้ข้อจำกัดของงบประมาณ กำหนดเวลาของงานต่างๆ คุณภาพของงานตามกำหนด [14] โดยผลสำเร็จของโครงการก่อสร้างอาจให้ความหมายได้ว่า ผลลัพธ์ที่เกินจากความคาดหวังหรือเป้าหมาย ซึ่งโดยทั่วไปจะหมายถึงในด้านของงบประมาณ กำหนดเวลา และคุณภาพเป็นหลัก นอกจากนั้นอาจมีวัตถุประสงค์อื่นๆ ที่แต่ละโครงการได้กำหนด เช่น ความพึงพอใจของผู้มีส่วนร่วมกับโครงการ ด้านการเงิน ด้านองค์ความรู้และด้านสังคม [15] โดยผลสำเร็จของโครงการจะประกอบไปด้วยปัจจัยต่างๆ จำนวนมากที่ต้องให้การพิจารณาดำเนินการในแนวทางที่ถูกต้องเหมาะสม ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้าง จึงได้รับความสนใจจากผู้วิจัยจำนวนมาก และมีการศึกษาวิจัยในแนวทางที่แตกต่างกันรวมทั้งการพิจารณาปัจจัยที่แตกต่างกันเช่นกัน จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่าผู้วิจัยโดยส่วนมากพิจารณาผลสำเร็จของโครงการจากผลสำเร็จโดยรวมของโครงการ ในส่วนของโครงการทั่วไป Hayfield [16] เป็นนักวิจัยในยุคบุกเบิกสำหรับการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการทั่วไป โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในปี 1985 อาศัยทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์แบ่งปัจจัยเป็น 2 กลุ่มปัจจัย คือปัจจัยด้านมหภาคและปัจจัยด้านจุลภาค แต่ละกลุ่มปัจจัยประกอบด้วยปัจจัยย่อยดังนี้

- ปัจจัยด้านมหภาค
  - (1) การวางนโยบายของโครงการ
  - (2) การจัดผังองค์การโครงการ
  - (3) การคัดเลือกบุคลากร

(4) การควบคุมการจัดการ

(5) การจัดการข้อมูล

- ปัจจัยด้านจุลภาค

(1) การกำหนดโครงการ

(2) ประสิทธิภาพในการจัดการโครงการ

(3) ความเข้าใจในสภาพแวดล้อมของโครงการ

(4) การคัดเลือกองค์การปฏิบัติงานของโครงการ

จากนั้นในปี 1987 Shultz และคณะ [17] อาศัยแนวทางในการศึกษาของ Hayfield โดยผู้วิจัยแบ่งปัจจัยตามขั้นตอนดำเนินงานของโครงการ ประกอบด้วยปัจจัยด้านกลยุทธ์และปัจจัยด้านปฏิบัติการดังนี้

- ปัจจัยด้านกลยุทธ์

(1) ภารกิจของโครงการ

(2) การสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง

(3) การกำหนดเวลาโครงการ

- ปัจจัยด้านปฏิบัติการ

(1) ที่ปรึกษาของเจ้าของโครงการ

(2) การคัดเลือกบุคลากร

(3) การฝึกอบรม

การศึกษาในรูปแบบดังกล่าวได้มีการดำเนินการต่อเนื่องมา Pinto and Prescott [18] ได้ทำการศึกษาในปี 1988 และ Pinto and Slevin [19] ในปี 1989 ผู้วิจัยดังกล่าวได้แยกพิจารณาปัจจัยเป็นกลุ่มตามขั้นตอนวงจรชีวิตของโครงการ ซึ่งพบว่าปัจจัยแต่ละปัจจัยส่งผลต่อโครงการในแต่ละขั้นตอนแตกต่างกัน โดยขึ้นกับกระบวนการที่ใช้ในการวัดผลสำเร็จของแต่ละโครงการ

ในส่วนของการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้างโดยเฉพาะนั้น เริ่มในปี 1987 Morris and Hough [20] ดำเนินการศึกษาจากโครงการขนาดใหญ่และซับซ้อนจำนวน 8 โครงการทั่วโลก จากการศึกษาผู้วิจัยได้ระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้างจำนวน 47 ปัจจัยและสามารถจัดเป็นกลุ่มปัจจัยหลัก ได้เป็น

- เป้าหมายของโครงการ
- ความไม่แน่นอนด้านนวัตกรรมของการก่อสร้าง
- การเมือง
- การมีส่วนร่วมของชุมชน
- ความเร่งด่วนด้านกำหนดเวลา
- การเงิน

- สัญญา
- ข้อกฎหมายและปัญหาในการปฏิบัติ

ซึ่งในปีเดียวกัน Ashley และคณะ [21] ได้ดำเนินการศึกษาโดยการระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้าง จำนวน 46 ปัจจัย และจัดกลุ่มปัจจัยในการศึกษาเป็น 5 กลุ่มคือ 1) การจัดการการจัดองค์การและการสื่อสาร 2) การกำหนดขอบเขตและการวางแผน 3) การควบคุมโครงการ 4) สภาพแวดล้อม เศรษฐกิจ การเมืองและสังคม 5) ความสามารถด้านเทคนิคการก่อสร้าง หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดแล้ คณะผู้วิจัยได้ระบุปัจจัยที่มีความสำคัญสูงสุดประกอบด้วย 1) การวางแผน 2) แรงจูงใจของทีมงานในโครงการ 3) ความมุ่งมั่นต่อเป้าหมายของผู้จัดการโครงการ 4) การกำหนดขอบเขตและการกำหนดโครงการ 5) ระบบควบคุม 6) ศักยภาพด้านเทคนิคของผู้จัดการโครงการ จากนั้นในปีต่อมา Jaselkis and Ashley [22] ทำการศึกษาเพื่อระบุถึงปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่องบประมาณ กำหนดเวลาและคุณภาพโดยรวมของโครงการ ผู้วิจัยกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งสิ้น 27 ปัจจัยและจัดกลุ่มของปัจจัยเป็น 4 กลุ่มปัจจัย ประกอบด้วย ศักยภาพของผู้จัดการโครงการ ประสบการณ์และอำนาจการตัดสินใจ ความมั่นคงของทีมงานในโครงการ การวางแผนและการควบคุมโครงการ จากการศึกษาข้อมูลจากตัวอย่างจำนวน 78 โครงการผู้วิจัยสามารถระบุ ปัจจัย "การลดจำนวนการเปลี่ยนแปลงทีมงาน" และ "การจัดการความสามารถในการสร้างได้ของแบบ" เป็นปัจจัยสำคัญสูงสุดที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้าง Sanvido และคณะ [23] ได้ดำเนินการศึกษาในปี 1992 เพื่อระบุปัจจัยวิกฤติที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้าง คณะผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลจากหน่วยงานก่อสร้างจริงจำนวน 16 โครงการ โดยปัจจัยที่นำมาศึกษาได้รับการจัดกลุ่มตามขั้นตอนกระบวนการของโครงการ เช่น การวางแผน การออกแบบ ทรัพยากร เป็นต้น จากการศึกษาคณะผู้วิจัยให้ข้อสรุปว่า ปัจจัยที่ถือเป็นปัจจัยวิกฤติต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้างประกอบด้วย 4 ปัจจัย คือ

- การจัดโครงสร้างองค์การที่ดี ความสัมพันธ์ภายในของทีมงานในการจัดการด้านการวางแผน ออกแบบ ก่อสร้างและการดำเนินการ โดยสิ่งกระตุ้นให้ทีมงานมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันคือการมีเป้าหมายร่วมกัน
- ชุดของสัญญาที่จะส่งผลให้เกิดแรงจูงใจในการทำงานร่วมกันของผู้เชี่ยวชาญแต่ละด้านโดยปราศจากความขัดแย้งที่มาจากเป้าหมายที่แตกต่างกัน นั่นคือสัญญาแต่ละฉบับต้องมีการจัดการความเสี่ยงและผลตอบแทนที่เหมาะสมกับทุกฝ่าย
- ประสบการณ์ในการจัดการ การวางแผน การออกแบบ การก่อสร้างและการดำเนินการในโครงการหรืออาคารที่มีลักษณะเดียวกัน
- ข้อมูลที่เหมาะสมทั้งในด้านเนื้อหาและช่วงเวลาจากเจ้าของโครงการ ผู้ใช้งาน ผู้ออกแบบ ผู้ก่อสร้างและผู้ดำเนินการ ในขั้นตอนการวางแผนและการออกแบบอาคาร

ในปี 1993 Parfitt and Sanvido [15] ได้ดำเนินการศึกษาต่อจากการวิจัยต่อจากการวิจัยครั้งก่อน (Sanvido และคณะ [23]) โดยนำชุดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างในด้านการวางแผนออกแบบ ก่อสร้างและดำเนินการ ไปทดสอบกับการก่อสร้างที่หน่วยงานจริงและพัฒนาขึ้นเป็นรายการตรวจสอบ (Checklist) เพื่อใช้พยากรณ์ผลสำเร็จของโครงการ โดยรายการคำถามในรายการตรวจสอบอ้างอิงตามปัจจัยวิกฤติจากการศึกษาดังกล่าว

- การจัดองค์การของทีมงานในโครงการ
- รูปแบบสัญญา เงื่อนไข
- ประสบการณ์ของทีมงาน
- ความเหมาะสมของข้อมูลที่ได้รับ

Chua และคณะ [24] ได้อาศัยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาของ Jaselkis and Ashley เมื่อปี 1988 มาดำเนินการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค neural networks โดยการศึกษามุ่งเน้นไปในด้านของผลสำเร็จทางงบประมาณเพียงด้านเดียว แบบจำลองสุดท้ายที่ได้นำเสนอประกอบด้วยปัจจัยหลัก จำนวน 8 ปัจจัยที่มีความสำคัญสูงสุดต่อผลสำเร็จด้านงบประมาณของโครงการ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวประกอบด้วย

- จำนวนลำดับชั้นของการจัดองค์การ จากผู้จัดการโครงการถึงระดับแรงงาน
- ความสมบูรณ์ของแบบรายละเอียดเมื่อเริ่มต้นงานก่อสร้าง
- ปริมาณการประชุมเพื่อควบคุมการก่อสร้าง
- จำนวนการปรับปรุงงบประมาณตลอดโครงการ
- การกำหนดโปรแกรมด้านความก่อสร้างได้ของแบบ
- การเปลี่ยนแปลงทีมงาน
- จำนวนเงินที่จ่ายเพื่อการควบคุมโครงการ
- ประสบการณ์ด้านเทคนิคก่อสร้างของผู้จัดการโครงการ

คณะผู้วิจัยนี้ยังได้ดำเนินการศึกษาต่อเนื่องในปี 1999 [25] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้างโดยพิจารณาปัจจัยแยกตามวัตถุประสงค์แต่ละด้าน คือ งบประมาณ กำหนดเวลาและคุณภาพ การศึกษาใช้การวิเคราะห์หลายลำดับชั้นมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อระบุระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับวัตถุประสงค์แต่ละประเด็น การศึกษาดำเนินการโดยการใช้แบบสอบถามสำรวจความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการก่อสร้างไม่น้อยกว่า 20 ปี โดยปัจจัยที่นำมาทำการศึกษามีทั้งสิ้น 67 ปัจจัย แบ่งเป็น 4 กลุ่มปัจจัยหลัก คือ ลักษณะเฉพาะของโครงการ การจัดการด้านสัญญา ผู้มีส่วนร่วมในโครงการและกระบวนการปฏิสัมพันธ์ภายในทีมงาน จากการศึกษาคณะผู้วิจัยระบุปัจจัยที่มีระดับความสำคัญต่อวัตถุประสงค์แต่ละประเด็น จำนวน 10 ปัจจัย ดังนี้

- ด้านงบประมาณ
  (1) ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้างและข้อกำหนด
  (2) ความสามารถในการสร้างได้ของแบบ
  (3) ความเสี่ยงด้านเศรษฐกิจ
  (4) เป้าหมายที่ชัดเจนและเป็นไปได้จริง
  (5) ความสามารถของผู้จัดการโครงการ
  (6) จำนวนเงินลงทุนที่เพียงพอ
  (7) การปรับปรุงงบประมาณ
  (8) ความมุ่งมั่นและมีส่วนร่วมของผู้จัดการโครงการ
  (9) แรงจูงใจหรือแรงกระตุ้นตามสัญญา
  (10) การระบุและจัดการความเสี่ยง
- ด้านกำหนดเวลา
  (1) ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้างและข้อกำหนด
  (2) ความสามารถในการสร้างได้ของแบบ
  (3) ความมุ่งมั่นและมีส่วนร่วมของผู้จัดการโครงการ
  (4) ความสามารถของผู้จัดการโครงการ
  (5) แรงจูงใจหรือแรงกระตุ้นตามสัญญา
  (6) เป้าหมายที่ชัดเจนและเป็นไปได้จริง
  (7) การปรับปรุงกำหนดเวลา
  (8) การประชุมควบคุมการก่อสร้างโครงการ
  (9) ศักยภาพทางด้านบุคลกรของผู้รับเหมา
  (10) การตรวจสอบหน่วยงานก่อสร้าง
- ด้านคุณภาพ
  (1) ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้างและข้อกำหนด
  (2) ความสามารถในการสร้างได้ของแบบ
  (3) การตรวจสอบหน่วยงานก่อสร้าง
  (4) ความมุ่งมั่นและมีส่วนร่วมของผู้จัดการโครงการ
  (5) เป้าหมายที่ชัดเจนและเป็นไปได้จริง
  (6) ความสามารถของผู้จัดการโครงการ
  (7) การประชุมควบคุมการก่อสร้างโครงการ
  (8) การสื่อสารในการก่อสร้างอย่างเป็นทางการ
  (9) ศักยภาพทางด้านบุคลกรของผู้รับเหมา
  (10) การประชุมควบคุมการออกแบบ

- ผลสำเร็จโดยรวม

(1) ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้างและข้อกำหนด

(2) ความสามารถในการสร้างได้ของแบบ

(3) ความมุ่งมั่นและมีส่วนร่วมของผู้จัดการโครงการ

(4) เป้าหมายที่ชัดเจนและเป็นไปได้จริง

(5) ความสามารถของผู้จัดการโครงการ

(6) แรงจูงใจหรือแรงกระตุ้นตามสัญญา

(7) การตรวจสอบหน่วยงานก่อสร้าง

(8) การประชุมควบคุมการก่อสร้างโครงการ

(9) การสื่อสารในการก่อสร้างอย่างเป็นทางการ

(10) ความเสี่ยงทางเศรษฐกิจ

ในปี 2004 Chan Scott and Chan [26] ได้ทำการรวบรวมปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้างที่มีผู้ได้ทำการศึกษาไว้ เพื่อกำหนดกรอบความคิดอย่างเป็นระบบในการแยกกลุ่มปัจจัยขึ้นใหม่ ในการศึกษาผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้างจากวารสารด้านการจัดการหลักๆ 7 ฉบับ

- Construction Management and Economics (อังกฤษ)
- International Journal of Project Management (อังกฤษ)
- Journal of Construction Procurement (อังกฤษ)
- Journal of Construction Engineering and Management (สหรัฐอเมริกา)
- Engineering, Construction and Architectural Management (อังกฤษ)
- Journal of Management in Engineering (สหรัฐอเมริกา)
- Project Management Journal (สหรัฐอเมริกา)

ผลการศึกษา ผู้วิจัยรวบรวมปัจจัยได้ทั้งหมด 44 ปัจจัย และสามารถจัดกลุ่มให้กับปัจจัยตามกรอบแนวคิดใหม่ได้เป็น 5 กลุ่มปัจจัย คือ

- กระบวนการในการจัดการโครงการ ประกอบด้วย 9 ปัจจัย
- กระบวนการดำเนินการโครงการ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย
- สภาพแวดล้อมภายนอก ประกอบด้วย 6 ปัจจัย
- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการ ประกอบด้วย 5 ปัจจัย
- ปัจจัยด้านบุคคล ประกอบด้วย 22 ปัจจัย

ในขณะที่ Toor and Ogunlana [27] ได้ดำเนินการศึกษาในส่วนของการก่อสร้างขนาดใหญ่ในประเทศไทย การศึกษาใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์โดยตรงกับผู้เชี่ยวชาญทั้งในส่วนภาคการศึกษาและส่วนของวงการก่อสร้าง โดยปัจจัยจำนวน 39 ปัจจัย ได้นำมาทำการวิเคราะห์ให้ลำดับ

คะแนนความสำคัญ จากนั้นทำการเปรียบเทียบและคัดเลือกปัจจัย ที่มีระดับความสำคัญสูงสุด จำนวน 20 ปัจจัย มาทำการวิเคราะห์ปัจจัยและจัดกลุ่มปัจจัยได้ 4 กลุ่มปัจจัย ประกอบด้วย

- ความเข้าใจในโครงการ
  - (1) ข้อมูลที่แท้จริงและถูกต้องในการสนับสนุนการตัดสินใจทุกขั้นตอน
  - (2) เข้าใจความต้องการของเจ้าของโครงการอย่างแท้จริง
  - (3) การยอมรับรูปแบบอาคารของเจ้าของ
  - (4) ความชัดเจนของลำดับความสำคัญของเป้าหมายแต่ละข้อ
- ความสามารถ
  - (1) ความสามารถของทีมงานในโครงการ
  - (2) ความสามารถของผู้จัดการโครงการ
  - (3) การเลือกผู้ออกแบบและผู้รับเหมาอย่างถูกต้อง
- ความมุ่งมั่น
  - (1) การวางแผนและควบคุมโครงการอย่างมีประสิทธิภาพ
  - (2) ระบุเป้าหมายของโครงการและลำดับความสำคัญอย่างชัดเจน
- การสื่อสาร
  - (1) การประชุมหารือกับเจ้าของโครงการอย่างเป็นทางการ
  - (2) การตอบสนองของเจ้าของโครงการ

นอกจากนี้ยังมีผู้วิจัยบางส่วนดำเนินการศึกษา ในส่วนของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างในด้านต่างๆ โดยเฉพาะ Poon Potts and Cooper [28] ได้ดำเนินการศึกษาเฉพาะในส่วนของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการก่อสร้าง โดยจากการรวบรวมปัจจัยจากการศึกษาที่ผ่านมาสามารถระบุถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการก่อสร้างได้ทั้งสิ้น 39 ปัจจัยแบ่งเป็น 11 กลุ่มปัจจัย คือ

- การกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการอย่างชัดเจน
- ขอบเขตของโครงการ
- ผู้จัดการโครงการ
- ทีมงานในโครงการ
- การวางแผน
- การควบคุม
- การจัดกลุ่มหมวดงานอย่างเหมาะสม
- การสื่อสารและการจัดการข้อมูล
- การสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง
- สิ่งแวดล้อม

- สุขภาพและความปลอดภัย

และในด้านของระบบดำเนินงานโครงการ (Project delivery system) เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่ผู้วิจัยให้ความนิยมในการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จ โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของระบบดำเนินงานโครงการแบบ partnering มีการศึกษาโดย Black Akintoye and Fitzgerald [29] และ Cheng Li and Love [30] หรือ Chan Ho and Tam [31] ที่ศึกษาในส่วนของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของระบบดำเนินการแบบ Design and Build

3.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

จากการทบทวนวรรณกรรมในด้านของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้าง จะเห็นได้ว่ามีผู้วิจัยได้นำเสนอปัจจัยและกลุ่มปัจจัยไว้เป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามด้วยความมีลักษณะเฉพาะตัวของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป จำนวนปัจจัยที่ได้นำเสนอไว้ดังกล่าวจึงไม่เพียงพอสำหรับการบริหารจัดการระบบให้ประสบความสำเร็จได้ ผู้วิจัยบางส่วนจึงได้พยายามดำเนินการศึกษา ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปโดยเฉพาะ โดยในปี 1990 ผู้เชี่ยวชาญในด้านการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปได้นำความคิดเห็นของตนเสนอแนวทางเพื่อการบริหารจัดการการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปให้มีประสิทธิภาพสูงสุด Richardson [32] ให้ความเห็นไว้ว่าการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป จะมีส่วนช่วยในการลดระยะเวลาในการก่อสร้าง ลดค่าใช้จ่ายโดยรวม เพิ่มความสามารถในการจัดการแรงงาน โดยอาศัยความได้เปรียบจากการผลิตในโรงงาน เพิ่มความถูกต้องและคุณภาพของงานก่อสร้าง ลดความต้องการแรงงานที่หน่วยงาน ช่วยลดกิจกรรมจำนวนมากออกจากสายงานวิกฤติ Richardson ได้นำเสนอหลักการสำหรับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นตอนการออกแบบ

(1) ผู้ผลิตเข้ามามีส่วนร่วมหรือเป็นที่ปรึกษาตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นการออกแบบ

(2) ชิ้นส่วนต้องได้รับการออกแบบเพื่อระบบสำเร็จรูป ไม่เป็นการดัดแปลงจากแบบสำหรับการก่อสร้างแบบหล่อในที่

(3) การออกแบบอยู่บนพื้นฐานและข้อกำหนดของระบบสำเร็จรูป ขนาดและรูปร่างต่างๆ สามารถทำได้จริง

(4) วิธีการเชื่อมต่อและรายละเอียดของจุดเชื่อมต่อต้องเหมาะสมกับเงื่อนไขการทำงานที่หน่วยงาน

(5) จุดเชื่อมต่อต้องจัดให้อยู่ในตำแหน่งที่สามารถติดตั้งได้ทันที ไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการทำงานที่หน่วยงาน

(6) ระยะเผื่อในการติดตั้งมีการกำหนดอย่างชัดเจน

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

(8) การกำหนดวิธีการติดตั้งโดยคำนึงถึงความปลอดภัย

(9) การจัดการด้านการยกชิ้นส่วนเหมาะสมกับการผลิตและการติดตั้ง

(10) การใช้ชิ้นส่วนข้างเคียงเป็นจุดรองรับชิ้นส่วนอื่น

- ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วน

(1) มาตรฐานในการผลิตได้รับการกำหนดตั้งแต่ช่วงเริ่มต้น

(2) จำนวนแบบหล่อมีความเหมาะสมกับจำนวนการใช้ซ้ำ

(3) โปรแกรมการหล่อและการเลือกใช้แบบหล่อมีการกำหนดไว้อย่างชัดเจน แน่นอน

(4) รอบการหล่อในแต่ละวันต้องอยู่ในระดับที่คุ้มกับค่าใช้จ่าย

(5) คอนกรีตมีปริมาณเพียงพอสำหรับการหล่อในแต่ละวัน และมีการกำหนดปริมาณสำรองในกรณีฉุกเฉิน

(6) หน่วยงานผลิตสามารถปรับปรุง ซ่อมแซม เครื่องมือในการผลิตได้ด้วยตัวเอง

(7) การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนที่สมบูรณ์เท่านั้นที่สามารถนำไปเก็บ

(8) ชิ้นงานที่ไม่สมบูรณ์ต้องไม่มีการนำส่งไปยังหน่วยงานก่อสร้าง

(9) ผลตอบรับจากหน่วยงานก่อสร้างหรือส่วนควบคุมคุณภาพต้องได้รับการพิจารณาในด้านคุณภาพและประสิทธิภาพ

(10) พนักงานในการผลิตต้องได้รับการอบรมเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน

- ขั้นตอนการขนส่ง

(1) รถยนต์ที่ใช้ในการขนส่งต้องเหมาะสมกับน้ำหนักบรรทุกและการเข้าถึงหน่วยงาน

(2) แนวทางในการขนส่งมีการกำหนดอย่างชัดเจน

(3) ชั้นวางและค้ำยันต้องมีการจัดเตรียมเพื่อรองรับชิ้นส่วนตามตำแหน่งที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ เพื่อป้องกันการแตกร้าวเสียหาย

- ขั้นตอนที่หน่วยงานก่อสร้าง

(1) การสำรวจความถูกต้องของงานก่อสร้างที่หน่วยงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งชิ้นส่วนอย่างละเอียด

(2) การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง (method statement) ระบุขั้นตอนวิธีการติดตั้งและผู้รับผิดชอบในส่วนที่ความเสี่ยง

(3) พนักงานติดตั้งที่หน่วยงานต้องได้รับการทดสอบโดยการทำชิ้นส่วนตัวอย่าง

(4) ผนังรับแรงและค้ำยันที่กำหนดต้องได้รับการติดตั้งแล้วเสร็จ

(5) มีทางเข้าอย่างเพียงพอสำหรับการเลือกแนวทางในการขนส่ง

(6) วิศวกรหรือช่างเขียนแบบต้องทำความเข้าใจกับแบบและรายละเอียดในการติดตั้งอย่างชัดเจนก่อนการติดตั้งจริง

(7) งานนั่งร้านและจุดรองรับต่างๆ ต้องมีการออกแบบและกำหนดรายละเอียดตามคำแนะนำในข้อกำหนดมาตรฐาน

(8) มีการกำหนดบุคคลเพื่อควบคุมคุณภาพในส่วนของงานอุดรอยต่อและงานป้องกันน้ำ

(9) การติดตั้งควรดำเนินให้เร็วที่สุดเมื่อการขนส่งชิ้นส่วนมาถึงเพื่อป้องกันความเสียหายจากการกองเก็บ

(10) การยกชิ้นส่วนต้องใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมและมีการออกแบบจุดยกอย่างระมัดระวัง จุดค้ำยันและรองรับชั่วคราวต้องได้รับการอนุมัติก่อนการทำงาน

(11) การเปลี่ยนแปลงรายละเอียด การตัดชิ้นส่วนหรือดัดแปลงจุดเชื่อมต่อไม่อนุญาตให้ดำเนินการที่หน่วยงานโดยไม่ผ่านการอนุมัติจากวิศวกร

(12) มีการจัดส่งรายงานความก้าวหน้าที่ถูกต้องจากหน่วยงานไปยังโรงงานผลิต

ผู้เชี่ยวชาญอีกท่านหนึ่งคือ Warszawski [10] ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปจากประสบการณ์การทำงานจริงที่เคยมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของระบบทั้งขั้นตอนการตัดสินใจโดยรวมของระบบ การออกแบบ การผลิตและดำเนินการ ประกอบกับประสบการณ์ในการสอนในระดับมหาวิทยาลัยนานกว่า 15 ปี ทำการสรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในมุมมองของการจัดการไว้ ดังนี้

- การเลือกรูปแบบของระบบสำเร็จรูปและชิ้นส่วนอาคาร
- ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ผลิตและผู้ออกแบบ
- คุณสมบัติของชิ้นส่วนกับความต้องการของผู้ใช้งาน
- เทคโนโลยีการผลิต
  - วัสดุ
  - เครื่องจักร
  - กระบวนการผลิต
  - กระบวนการติดตั้ง
- โรงงานผลิตชิ้นส่วน
  - รูปแบบของโรงงาน
  - การจัดผังโรงงาน
  - การเลือกแบบหล่อ
- การวางแผนการผลิตและการควบคุม
  - การวางแผนการใช้แบบหล่อ
  - การจัดแผนงานรายวัน
  - ระบบจัดการข้อมูลข่าวสาร

- การประมาณการค่าใช้จ่ายและการควบคุม
- การวางแผนด้านคุณภาพและการควบคุม
  - กระบวนการการผลิต
  - วัตถุดิบ
  - ชิ้นส่วนสำเร็จรูป
  - การติดตั้งชิ้นส่วนที่หน่วยงาน

จากนั้นในปี 1997 Koskisto and Ellingwood [33] ได้นำเสนอแบบจำลองที่มีเป้าหมายที่ค่าใช้จ่ายตลอดอายุของโครงการต่ำที่สุด ตั้งแต่การออกแบบอาคาร การผลิตชิ้นส่วน การก่อสร้าง และการดูแลรักษา ตามหลักการวิเคราะห์ของวิชาเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยการพิจารณาจาก Cost-Benefit ของการก่อสร้าง การดูแลรักษา และรูปแบบของการพังทลาย แบบจำลองถูกนำมาศึกษากับโรงงานผลิตแผ่นพื้นสำเร็จรูป ตัวแปรในการตัดสินใจประกอบด้วย คุณภาพคอนกรีต เทคโนโลยีและกระบวนการผลิต และการบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการพิจารณาตามสมการที่นำเสนอโดย Melchers ในปี 1987 และทำการปรับปรุงให้สอดคล้องกับการศึกษาโดยอาศัยการเก็บข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตในประเทศฟินน์แลนด์ สามารถสรุปสมการแบบจำลองค่าใช้จ่ายได้ดังนี้

$$C_T = C_p + C_P + C_C + C_{QA} + C_M + p_f C_F$$

เมื่อ C_T = ค่าใช้จ่ายรวมทั้งโครงการ, C_p = ค่าใช้จ่ายในการวางแผนและการออกแบบ, C_P = ค่าใช้จ่ายในการผลิต, C_C = ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง, C_{QA} = ค่าใช้จ่ายในด้านการประกันคุณภาพ, C_M = ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา, p_f = ความน่าจะเป็นในการเกิดความเสียหาย, C_F = ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากความเสียหาย ในขณะเดียวกัน Slaughter และคณะ [34] ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาปัจจัยที่เป็นเงื่อนไขสำหรับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปเพื่อให้สอดคล้องกับองค์ประกอบของอาคารที่ไม่ใช่ส่วนของโครงสร้าง เช่น ระบบบริการ ผนังรอบนอก และงานตกแต่ง โดยให้องค์ประกอบดังกล่าวใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้ผลประโยชน์สูงสุด โดยเป้าหมายของการศึกษาคือการใช้ปัจจัยดังกล่าวเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบโครงสร้างสำเร็จรูป ที่ปกติให้ความสำคัญเฉพาะส่วนของการรับน้ำหนักและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเท่านั้น จากการศึกษาคณะผู้วิจัยสามารถกำหนดเกณฑ์การพิจารณาเป็น 6 กลุ่มหลักพร้อม เกณฑ์ย่อยและเงื่อนไขต่อระบบโครงสร้างดังนี้

- ประสิทธิภาพของโครงสร้าง ประกอบด้วยเกณฑ์ การผลิตชิ้นส่วน การขนส่งและการติดตั้ง โดยมีเงื่อนไขในด้านโครงสร้างคือ ลดจำนวนชิ้นส่วน ลดจำนวนชิ้นส่วนที่แตกต่างกัน ใช้ชิ้นส่วนรูปแบบซ้ำๆ เพิ่มความเป็นโมดุล ใช้ชิ้นส่วนขนาดเล็ก ลดปริมาณคอนกรีตหล่อในที่ลดปริมาณแบบหล่อ ลดชิ้นส่วนและใช้จุดเชื่อมต่อที่ง่าย

- ประสิทธิภาพของระบบบริการ ประกอบด้วยเกณฑ์ การออกแบบและติดตั้ง การซ่อมบำรุงและการดัดแปลง การดำเนินการ โดยมีเงื่อนไขในด้านโครงสร้างคือ ลดความหนาของโครงสร้าง

หลีกเลี่ยงการใช้ระบบบริการร่วม ใช้ช่องเปิดขนาดใหญ่ตามแนวราบ เพิ่มช่องว่างระหว่างชิ้นส่วน ใช้ระบบบริการร่วมเพื่อลดความสูงชั้น

- ผนังภายนอกและงานตกแต่ง ประกอบด้วยเกณฑ์ การออกแบบ การผลิตชิ้นส่วนและติดตั้ง โดยมีเงื่อนไขในด้านโครงสร้างคือ เพิ่มความเป็นระบบโมดุล ลดความหนาโครงสร้าง ใช้ระบบบริการร่วม
- คุณภาพของโครงสร้าง ประกอบด้วยเกณฑ์ ความแข็งแรง ความสามารถในการใช้งาน โดยมีเงื่อนไขด้านโครงสร้างคือ เพิ่มความแข็งแรงให้กับชิ้นส่วน เพิ่มความแข็งแรงให้กับจุดเชื่อมต่อ เพิ่มความแข็งของชิ้นส่วน
- คุณภาพของระบบบริการ ประกอบด้วยเกณฑ์ ศักยภาพในการใช้งาน การใช้งานได้หลายด้าน โดยมีเงื่อนไขด้านโครงสร้างคือ ลดความหนาของชิ้นส่วน ช่องเปิดแนวราบขนาดใหญ่
- พื้นที่ว่างและการใช้ประโยชน์ ประกอบด้วยเกณฑ์ ความหลากหลายในการใช้งาน ความสูงของอาคาร การแบ่งช่วงความยาวของชิ้นส่วน ช่องเปิดขนาดใหญ่ตามแนวตั้ง ลดความหนาโครงสร้าง

ในปี 2000 Arditi Ergin and Gunhan [35] ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้งานการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในสหรัฐอเมริกา โดยการสอบถามความคิดเห็นจากผู้รับเหมา ผู้ออกแบบ ผู้ผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปและสหภาพแรงงาน อย่างละ 100 ตัวอย่าง โดยมีเป้าหมายในการศึกษา 6 ประการ 1) เพื่อศึกษาสถานภาพทางการตลาดของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในอุตสาหกรรมก่อสร้าง 2) เพื่อศึกษาถึงระดับของความเป็นมาตรฐานในส่วนของชิ้นส่วนสำเร็จรูป 3) เพื่อศึกษาระดับของผู้เชี่ยวชาญที่อยู่ในบริษัทออกแบบ และบริษัทก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป 4) เพื่อสำรวจปัญหาที่เกิดในการใช้งานการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ การผลิตและการติดตั้ง 5) เพื่อทำความเข้าใจมุมมองของสหภาพแรงงานในกรณีการใช้ระบบสำเร็จรูปในการก่อสร้าง 6) เพื่อวิเคราะห์การสื่อสารระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในโครงการที่ใช้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ซึ่งจากการศึกษาผู้วิจัยได้ชี้ให้เห็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นคือการขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญทั้งในด้านการออกแบบและการจัดการโครงการ อีกด้านหนึ่งผู้รับเหมาเกือบครึ่งในการศึกษาให้ความเห็นว่าระบบสำเร็จรูปไม่ได้ลดค่าใช้จ่ายอย่างชัดเจน ในการศึกษาผู้วิจัยได้กำหนดปัจจัยในการศึกษาจำนวน 10 ปัจจัย ดังนี้

- ความต้องการระบบสำเร็จรูปสำหรับโครงการขนาดใหญ่
- โครงการจากการลงทุนของภาครัฐ
- ระดับความเป็นมาตรฐานของระบบ
- ความเชี่ยวชาญ
- เงื่อนไขในการออกแบบ
- การขนส่งชิ้นส่วน

- นโยบายของสหภาพแรงงาน
- การสื่อสารระหว่างหน่วยงาน
- การประหยัดค่าใช้จ่าย
- ความพึงพอใจของผู้ใช้อาคาร

Pheng and Chuan ได้ทำการศึกษาในปี 2001 [36] เพื่อวัดความพร้อมในการยอมรับหลักการ Just-in-time ในวงการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป โดยผู้วิจัยมีความเชื่อว่าหลักการดังกล่าวมีศักยภาพในการพัฒนาการเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนจากโรงงานผลิตไปยังหน่วยงานหรือภายในโรงงานและภายในหน่วยงานก่อสร้างเอง ในการศึกษาใช้วิธีสำรวจความคิดเห็นและการสัมภาษณ์หน่วยงานก่อสร้างในสิงค์โปรจำนวน 40 แห่ง ได้รับการตอบกลับจำนวน 32 แห่ง โดยคาดหมายว่าการศึกษานี้จะช่วยให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนได้รับรู้ถึงความพร้อมในการที่จะยอมรับหลักการ Just-in-time ของผู้รับเหมาสำหรับการรับและการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่หน่วยงาน ซึ่งจากการศึกษาผู้วิจัยพบว่าผู้รับเหมาส่วนใหญ่กังวลถึงเรื่องค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นเมื่อนำหลักการมาใช้และมองภาพของค่าใช้จ่ายโดยรวมมากเกินความเป็นจริง ทั้งนี้ปัจจัยที่ผู้วิจัยได้นำมาศึกษาประกอบด้วย

- ความมุ่งมั่นของผู้บริหารระดับสูงและการมีส่วนร่วมของผู้ว่าจ้าง
- ลดปริมาณความสูญเสียในการก่อสร้าง ทั้งวัสดุ เวลาและพื้นที่
- การควบคุมคุณภาพโครงการ
- กระบวนการการผลิตที่ราบรื่น ไม่ติดขัด
- ความสัมพันธ์ของผู้ขายวัตถุดิบกับผู้ผลิต
- การส่งมอบชิ้นส่วน
- การกองเก็บชิ้นส่วนที่หน่วยงาน
- เงื่อนไขเรื่องพื้นที่ว่าง
- ระยะเวลาในการกองเก็บ
- การกองเก็บเพื่อสำรอง
- การขนส่งชิ้นส่วน
- การร่วมรับผิดชอบในความเสียหายและการมีส่วนร่วมในผลประโยชน์
- การประสานงานกับผู้ผลิตชิ้นส่วน
- ความล่าช้าในการก่อสร้าง
- ข้อปฏิบัติในกรณีส่งมอบชิ้นส่วนล่าช้า
- ความสัมพันธ์ระหว่างลูกค้ากับผู้ผลิต

ในปีต่อมา Badir Kadir and Hashim [37] ได้ทำการศึกษาการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในประเทศมาเลเซีย โดยการรวบรวมระบบก่อสร้างรูปแบบต่างๆ ที่มีอยู่ วิเคราะห์ปัญหาทางด้านเทคนิคที่มีผลต่อการยอมรับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป วิเคราะห์ความได้เปรียบ เสียเปรียบของระบบก่อสร้าง

สำเร็จรูปภายใต้สภาพแวดล้อมของมาเลเซีย เพื่อรวบรวมการใช้งานระบบสำเร็จรูปที่มีในปัจจุบัน และหาเหตุผลของการล่าช้าของโครงการที่ใช้ระบบสำเร็จรูป จากการศึกษาผู้วิจัยพบว่า ข้อได้เปรียบที่สำคัญที่สุดของระบบสำเร็จรูปคือ คุณภาพ ความเร็วในการก่อสร้างและการประหยัดค่าใช้จ่าย โดยมีข้อเสียเปรียบคือ เงินลงทุนที่สูงและความต้องการผู้เชี่ยวชาญในการปฏิบัติงานที่หน่วยงาน โดยเฉพาะในมาเลเซียระบบสำเร็จรูปจะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานได้อย่างมาก ทั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดปัจจัยในการเปรียบเทียบระบบดังนี้

- ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง
- ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง
- ความเร็วในการก่อสร้าง
- ลดการใช้วัสดุ
- ปริมาณแรงงานโดยรวม
- แรงงานไร้ฝีมือ
- แรงงานมีฝีมือ
- ผู้เชี่ยวชาญ
- เงินลงทุนเบื้องต้น
- ความยืดหยุ่นในการออกแบบ
- การใช้เครื่องจักรหนัก
- ความง่ายในการติดตั้ง
- คุณภาพของอาคาร

Chan and Hu [38] พบว่าการวางแผนการผลิตในโรงงานปัจจุบันอาศัยประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเป็นส่วนใหญ่ ทำให้เกิดปัญหาการจัดการทรัพยากรที่ขาดประสิทธิภาพ การกองเก็บเกินความจำเป็นและการผิดนัดส่งมอบชิ้นส่วน ผู้วิจัยจึงนำเสนอการจัดแผนงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยประสานปัจจัยที่เป็นเงื่อนไขและปัจจัยที่เป็นเป้าหมายในการผลิต เพื่อกำหนดแผนการผลิตที่เหมาะสม ปัจจัยที่เป็นเป้าหมายของแบบจำลอง ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการเก็บค่าใช้จ่ายจากการผิดนัดส่งมอบ ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลง ค่าใช้จ่ายในการจัดการแบบหล่อ และปัจจัยที่พิจารณาเป็นเงื่อนไขประกอบด้วย ความสัมพันธ์ของแบบหล่อกับชิ้นส่วน ความสามารถในการผลิตของแบบหล่อ ระยะเวลาน้อยสุดจากการผลิตถึงการส่งมอบ เงื่อนไขเรื่องวันหยุด ความต้องการในการส่งมอบ ความต้องการในการเก็บสำรอง ในปี 2004 Sacks Eastman and Lee [4] ได้นำเสนอแบบจำลองด้านการจัดการและกระบวนการทางวิศวกรรมในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยได้ทำการศึกษาแบบจำลองกับบริษัทที่เกี่ยวข้องกับระบบสำเร็จรูปจำนวน 14 แห่งในสหรัฐอเมริกา ผู้วิจัยพบว่าการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสม เช่น แบบจำลอง 3 มิติ การรับส่งข้อมูลอย่าง

รวดเร็วจะช่วยกระตุ้นและพัฒนาศักยภาพของระบบการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปได้ทั้งระบบ โดยปัจจัยที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย

- การประมาณราคา
- การประมูล
- การทำสัญญา
- การออกแบบผังโครงการรวม
- การวิเคราะห์โครงสร้าง
- การออกแบบชิ้นส่วน
- การผลิต
- การยกเคลื่อนย้าย
- การขนส่ง
- การติดตั้ง
- การกำหนดตารางเวลา
- การควบคุมโครงการ

ในขณะที่ Tam และคณะ [5] ได้ทำการศึกษาการใช้งานระบบสำเร็จรูปในฮ่องกง ในปี 2007 โดยมุ่งเน้นไปในด้านของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การศึกษาดำเนินการโดยสำรวจความคิดเห็นเพื่อวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการใช้งานระบบสำเร็จรูป ข้อได้เปรียบ เสียเปรียบและแนวโน้มการพัฒนาในอนาคต ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความเห็นว่า การตรวจสอบอย่างละเอียดช่วยเพิ่มคุณภาพของการก่อสร้าง เป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญที่สุดในขณะที่ การขาดความยืดหยุ่นในการแก้ไขแบบ เป็นข้อเสียเปรียบสำคัญที่สุด โดยผู้วิจัยใช้ปัจจัยที่เป็นข้อได้เปรียบจำนวน 7 ปัจจัยและข้อเสียเปรียบจำนวน 10 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่เป็นข้อได้เปรียบ

- แบบก่อสร้างมีการแก้ไขน้อย
- มีการควบคุมคุณภาพมากได้ดีขึ้น
- ลดค่าใช้จ่ายโดยรวม
- ลดระยะเวลาในการก่อสร้าง
- ลดขยะจากการก่อสร้าง
- สามารถรวมการออกแบบและการก่อสร้างไว้ด้วยกัน
- ความสวยงาม

ปัจจัยที่เป็นข้อเสียเปรียบ

- ขาดความยืดหยุ่นในการแก้ไขแบบ
- เงินลงทุนเบื้องต้นสูง

- ขาดงานวิจัยและข่าวสารความรู้
- ใช้เวลาในการออกแบบเบื้องต้นมากขึ้น
- ขาดการพิจารณาข้อได้เปรียบจากระบบดั้งเดิมอย่างจริงจัง
- ข้อจำกัดด้านพื้นที่ว่างในหน่วยงานสำหรับกองชิ้นส่วน
- ปัญหาการรั่วซึมบริเวณรอยต่อแผ่น
- ขาดผู้รับเหมาที่มีประสบการณ์
- ขาดความสวยงาม
- ขาดความต้องการชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ในปีเดียวกันนี้ Ahadzie Proverbs and Olomolaiye [39] ได้ดำเนินการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้างที่พักอาศัยจำนวนมาก ในประเทศกำลังพัฒนา เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการทรัพยากรอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสำหรับผู้จัดการโครงการ การศึกษาใช้การสำรวจความคิดเห็นโดยแบบสอบถามในเรื่องของปัจจัยวิกฤตต่อผลสำเร็จของโครงการในประเทศกานา และใช้การทดสอบ t-test เพื่อวิเคราะห์ระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยและใช้การวิเคราะห์ปัจจัย เพื่อจัดกลุ่มปัจจัย ผลการศึกษาสามารถจัดกลุ่มปัจจัยได้ 4 กลุ่ม คือ ผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม ความพึงพอใจของลูกค้า คุณภาพ ค่าใช้จ่ายและเวลา

3.4 บทวิเคราะห์

จากการทบทวนวรรณกรรม จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปมีความแตกต่างจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างแบบหล่อในที่อยู่ในหลายๆ ด้านด้วยกัน ทำให้การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างแบบหล่อในที่ไม่เพียงพอที่จะนำมาเป็นแนวทางในการบริหารจัดการการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ในขณะที่การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปที่ยังมีไม่มากนั้น ผู้วิจัยแต่ละท่านยังระบุปัจจัยและกำหนดโครงสร้างที่แตกต่างกัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างในแนวความคิดและการขาดโครงสร้างของปัจจัยที่เป็นระบบ โดยเฉพาะในประเทศไทยซึ่งยังไม่มีการศึกษาในด้านนี้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อบ่งชี้ปัจจัย และพัฒนาโครงสร้างของปัจจัยอย่างเป็นระบบตามพื้นฐานทฤษฎีระบบหลายลำดับชั้น โดยอาศัยขั้นตอนกระบวนการของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปเป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่มปัจจัย

บทที่ 4
กรอบแนวความคิด

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวสรุปเกี่ยวกับผลการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาตำราวิชาการ วารสารและวิทยานิพนธ์ จากทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ได้ดำเนินการศึกษาไว้ในบทที่ 3 เพื่อนำมาสร้างเป็นกรอบแนวความคิด ในการจัดโครงสร้างของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย โดยเนื้อหาประกอบด้วยรายละเอียดของปัจจัยแต่ละปัจจัยที่ได้นำมาทำการศึกษา ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

4.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

การบ่งชี้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปมีนักวิจัยหลายท่านได้ดำเนินการศึกษาและแนะนำปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จที่แตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยที่นำเสนอมักขาดระบบโครงสร้างของปัจจัยที่ชัดเจนทำให้เกิดการซ้ำซ้อนกัน ดังนั้นการจัดโครงสร้างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย สำหรับงานวิจัยนี้อยู่ในรูปแบบการจัดลำดับชั้นตามการกระบวนการของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ซึ่งเชื่อมั่นว่าสามารถพัฒนาโครงสร้างของปัจจัยที่เป็นระบบได้ตามทฤษฎีระบบหลายลำดับชั้น (Theory of Hierarchy, Multilevel, Systems) รายละเอียดของกลุ่มปัจจัยและปัจจัยย่อยที่เป็นองค์ประกอบของกลุ่มปัจจัยนั้นๆ แสดงได้ดังต่อไปนี้

4.2.1 การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง หมายถึง การตัดสินใจและการวางแผนในเรื่องที่สำคัญและส่งผลอย่างรุนแรงต่อธุรกิจทั้งในระยะสั้นและระยะยาว [36] โดยการตัดสินใจต้องทำความเข้าใจถึงธรรมชาติของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปและกระบวนการที่เกี่ยวข้องตลอดช่วงชีวิตของระบบ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจประด้วยปัจจัยทั้งในด้านการเงินและไม่เกี่ยวข้องกับการเงิน ปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของกลุ่มปัจจัย มีดังนี้

- **ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบในตลาด** หมายถึง การประมาณการความยอมรับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในอุตสาหกรรมก่อสร้างจนถึงลูกค้าของโครงการโดยความต้องการที่มากพอและต่อเนื่องเป็นปัจจัยสำคัญต่อการที่จะประสบผลสำเร็จของระบบ ทำให้การผลิตชิ้นส่วนของโรงงานผลิตอยู่ในระดับที่สูงกว่าจุดคุ้มทุน [35] ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนการผลิตคงที่และต้นทุนแปรผัน ต้นทุนการขนส่งและการติดตั้ง ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการจำเป็นต้องอาศัยการศึกษาทางการตลาดในพื้นที่เป้าหมาย ประกอบด้วย [10]

○ ความต้องการอาคารโดยรวม ในหลายๆ ประเภท เช่น ที่พักอาศัย อาคารธุรกิจ และอาคารอุตสาหกรรม

○ จำนวนชิ้นส่วนสำเร็จรูปสูงสุดที่สามารถใช้ได้ในการก่อสร้างอาคารแต่ละประเภท

○ ส่วนแบ่งจากความต้องการสูงสุดที่เป็นไปได้ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับผู้ประกอบการรายอื่นๆ

● **การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป** หมายถึง การพิจารณาเลือกใช้ระบบโครงสร้างอาคารที่ใช้ระบบก่อสร้างสำเร็จรูป ตามเงื่อนไขความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนและความสามารถในการก่อสร้างที่หน่วยงาน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาตามรูปทรงชิ้นส่วนหลักจะสามารถแบ่งรูปแบบของระบบการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปได้ดังนี้ [8]

○ Linear systems ซึ่งเป็นระบบสำเร็จรูปที่อาศัยระบบเสาคานเป็นโครงสร้างหลักในการถ่ายน้ำหนัก นิยมใช้กับโครงสร้างอาคารที่มีความยาวช่วงเสามากหรือกับโครงสร้างที่ต้องรับน้ำหนักบรรทุกจำนวนมาก

○ Planar systems ซึ่งเป็นระบบสำเร็จรูปที่อาศัยชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีลักษณะเป็นแผ่นขนาดใหญ่เป็นองค์ประกอบหลัก เช่นแผ่นพื้นและผนัง โดยผนังภายนอกและภายในจะทำหน้าที่รับน้ำหนักและถ่ายลงสู่ชั้นถัดลงไปจนถึงชั้นล่างและฐานรากตามลำดับ นิยมใช้กับโครงสร้างของที่พักอาศัยและอาคารสาธารณะหลากหลายรูปแบบ

○ Three-dimensional หรือ Box systems ซึ่งเป็นระบบสำเร็จรูปที่อาศัยชิ้นส่วนที่มีลักษณะเป็นกล่องเป็นองค์ประกอบหลักของอาคาร โดยชิ้นส่วนแบบกล่องประกอบด้วยผนังและพื้นคอนกรีตซึ่งทำการตกแต่งงานสถาปัตยกรรมและประกอบงานระบบไฟฟ้า ประปา หน้าต่าง ประตู จนถึงชุดเคาท์เตอร์ครัวไว้แล้วจากโรงงาน แล้วจึงขนส่งไปติดตั้งยังหน่วยงานก่อสร้าง

● **จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น** หมายถึง การลงทุนในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมการผลิต ซึ่งจะประกอบด้วย โรงงานผลิต ที่ดิน เครื่องจักรและเครื่องมือเสริมในการผลิต ค่าจ้างแรงงาน [37] โดยจำนวนเงินลงทุนขึ้นอยู่กับ สถานที่ตั้งโรงงาน รูปแบบโรงงาน กำลังการผลิต เทคโนโลยีและเครื่องจักรและเครื่องมือ

● **ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน** หมายถึง การตัดสินใจเลือกสถานที่ในการตั้งโรงงานสำหรับผลิตชิ้นส่วน ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตชิ้นส่วนและต้นทุนการผลิต [33] โดยการพิจารณาเลือกตำแหน่งที่ตั้งโรงงานประกอบด้วยปัจจัย ดังนี้ [10]

○ ความพร้อมของวัตถุดิบ โดยพิจารณาจากวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบของคอนกรีต ได้แก่ หิน ทราย ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ เหล็กเสริมและวัสดุตกแต่งสำหรับงานผนังภายนอก ทั้งนี้การพิจารณาจะรวมไปถึงเส้นทางการขนส่งวัตถุดิบ เช่น ถนนเข้าโรงงาน ทางรถไฟหรือการขนส่งทางน้ำ

○ ความพร้อมของแรงงาน ประกอบด้วยแรงงานทั่วไปและแรงงานที่มีความชำนาญ

○ เครือข่ายการขนส่ง พิจารณาจากสภาพของถนนหรือการเชื่อมต่อกับการขนส่งระบบรางเพื่อเป็นทางเลือก

○ สภาพแวดล้อมทางธุรกิจ ประกอบด้วย ธุรกิจท้องถิ่น แรงงาน การจราจร กฎหมายและข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อม

○ คุณภาพชีวิตของชุมชน

○ แรงจูงใจด้านเศรษฐกิจ

● **ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา** หมายถึง การคัดเลือกรูปแบบของการจัดองค์การของทีมงานที่มีส่วนร่วมกับการก่อสร้างโครงการ [40] ทั้งในขั้นตอนการออกแบบและการก่อสร้างของเจ้าของโครงการและการเลือกรูปแบบของสัญญา ที่เจ้าของโครงการจะกระทำกับผู้รับจ้างแต่ละส่วน โดยที่รูปแบบระบบดำเนินงานโครงการหลักๆ ประกอบด้วย แบบดั้งเดิม (ออกแบบ ประมูล ก่อสร้าง) ระบบออกแบบและก่อสร้าง และระบบบริหารงานก่อสร้าง ส่วนรูปแบบของสัญญา ประกอบด้วย Single fixed price, unit price และ cost plus fee

4.2.2 การวางแผนและกำหนดตารางเวลา หมายถึงการวางแผนงานล่วงหน้าเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ และแผนงานดังกล่าวจะถูกใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินผลการดำเนินงานของโครงการในแต่ละช่วง การวางแผนงานการก่อสร้างจะมีส่วนช่วยให้โครงการประสบผลสำเร็จในด้านของการส่งมอบได้ตามกำหนดเวลา ผลงานได้คุณภาพตามที่ต้องการและสามารถควบคุมต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับทรัพยากรที่ใช้ในโครงการให้เป็นไปตามงบประมาณที่เตรียมไว้ [40] โดยปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของกลุ่มปัจจัย มีดังนี้

● **การกำหนดแผนงานหลัก** หมายถึง การวางแผนงานโดยรวมของโครงการอย่างละเอียด รอบคอบและรัดกุมเพียงพอ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ให้พร้อมและมากที่สุดเพื่อประกอบการพิจารณา ประกอบกับการคิดอย่างละเอียดถี่ถ้วนถึงรูปลักษณะของงานที่จะทำช่วยให้งานเป็นไปตามเหตุผลทางหลักวิชาการ สามารถใช้กำลังคน เครื่องมือและเงินอย่างประหยัด งานสำเร็จลุล่วงไปโดยเร็วและได้ผลงานเป็นที่น่าพึงพอใจ [40]

● **การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน** หมายถึง การกำหนดแผนเวลาของแต่ละกลุ่มงานที่แยกออกจากแผนงานหลักทั้งโครงการ โดยแผนกำหนดตารางเวลาจะเปรียบเสมือนแบบจำลองของงานก่อสร้างจริง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงวิธีและขั้นตอนงานส่วนนั้นๆ ที่มีประสิทธิภาพประหยัดและคุ้มค่า นอกจากนี้ข้อมูลที่มาพร้อมกับแผนกำหนดตารางเวลาที่ดี ได้แก่แผนทรัพยากรต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ ทั้งในส่วนของ แรงงาน วัสดุและเครื่องจักร เพื่อให้กิจกรรมต่างๆ ในโครงการแล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนดไว้ [38]

● **การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต** หมายถึง การวางแผนงานในการก่อสร้างที่หน่วยงานสอดคล้องกับระยะเวลาที่จำเป็นต้องใช้ในการเตรียมการผลิต [10] ตั้งแต่การออกแบบ

ชิ้นส่วน การออกแบบกระบวนการผลิต การวางแผนการผลิต การปรับเครื่องจักรเครื่องมือ การจัดเตรียมแบบหล่อ การทำชิ้นงานตัวอย่าง จนถึงการฝึกอบรมแรงงานในการผลิต

● **การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา** หมายถึง ความสามารถในการปรับแผนในแต่ละช่วงเมื่อผลงานของโครงการไม่เป็นไปตามแผนงานที่กำหนดไว้ อันอาจเนื่องมาจากปัญหาเฉพาะหน้าที่ไม่ได้เตรียมการรองรับไว้หรือปัญหาที่เกิดจากการบริหารจัดการกระบวนการก่อสร้างที่ขาดประสิทธิภาพ โดยการปรับแผนกระทำในช่วงสั้นๆ เพื่อลดความเสียหายที่เกิดขึ้นและเร่งรัดให้ผลงานเป็นไปตามแผนงาน แผนงานระยะสั้นจำเป็นต้องกำหนดขั้นตอน ระยะเวลาและการใช้ทรัพยากรทั้ง งบประมาณ วัสดุ แรงงาน และเครื่องจักรโดยละเอียด ประกอบกับการบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพและการติดตามควบคุมอย่างใกล้ชิด

4.2.3 ความชำนาญของผู้เกี่ยวข้อง หมายถึง ความรู้ความเข้าใจอย่างแท้จริงและความเชี่ยวชาญจากประสบการณ์จริง ในทุกกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปตลอดช่วงวงจรชีวิตของโครงการของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการนั้นๆ ตั้งแต่ช่วงกำหนดโครงการ การวางแผน การออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วน การผลิต การติดตั้งและการดูแลการใช้งานอาคาร โดยความชำนาญของผู้ที่เกี่ยวข้องถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การยอมรับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว [35] โดยปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของกลุ่มปัจจัย มีดังนี้

● **การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร** หมายถึง ความรู้ความเข้าใจในระบบสำเร็จรูปของสถาปนิกโครงการหรือผู้ออกแบบอาคาร และความสามารถในการประยุกต์คุณสมบัติของระบบสำเร็จรูปให้สอดคล้องกับรูปแบบอาคารที่ต้องการ ทั้งในด้านของเงื่อนไขด้านความซ้ำกันของชิ้นส่วนทำให้อาคารดูเรียบจนขาดความรู้สึกเป็นเอกลักษณ์ของเจ้าของอาคาร อย่างไรก็ตามในอีกมุมหนึ่งระบบสำเร็จรูปมีความสามารถที่จะผลิตชิ้นส่วนที่มีรูปร่างซับซ้อนซึ่งระบบหล่อในที่ไม่สามารถทำได้ [35] ดังนั้นหน้าที่ของผู้ออกแบบจึงอยู่ที่การนำจุดเด่นของระบบมาประยุกต์ใช้เพื่อลบจุดด้อยดังกล่าว

● **ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง** หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของวิศวกรโครงสร้างทั้งในส่วนของพฤติกรรมการถ่ายน้ำหนักของโครงสร้างและพฤติกรรมการรับแรงของชิ้นส่วน ในแต่ละกระบวนการที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่การผลิต จนถึงการติดตั้ง โดยการวิเคราะห์โครงสร้างและออกแบบชิ้นส่วนนั้นอาจไม่แตกต่างจากงานคอนกรีตเสริมเหล็กปกติมากนัก ประเด็นสำคัญคือการวิเคราะห์และออกแบบจุดเชื่อมต่อ แม้ในการปฏิบัติงานจริงผู้ผลิตชิ้นส่วนจะเป็นผู้ดำเนินการแต่มักเกิดข้อขัดแย้งกับผู้ออกแบบอยู่เสมอ โดยเฉพาะผู้ออกแบบที่ขาดความชำนาญ [35]

● **ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน** หมายถึง ความสามารถในการบริหารจัดการการผลิตชิ้นส่วนในทุกกระบวนการ ทั้งในส่วนของการจัดการโรงงานผลิต การจัดการกระบวนการผลิตและการจัดการด้านการขนส่ง ผู้ผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปถือเป็นหัวใจสำคัญของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป เนื่องจากมีหน้าที่เปลี่ยนจากแบบรูปและข้อกำหนดของผู้ออกแบบเป็นชิ้นส่วนที่ถูกต้องแล้ว

จึงนำส่งชิ้นส่วนดังกล่าวไปยังผู้ก่อสร้างที่หน่วยงาน [32] ดังนั้นหากผู้ผลิตขาดความสามารถอาจเป็นต้นเหตุของความล้มเหลวในขั้นตอนการผลิต และส่งผลต่อเนื่องไปสู่ความล่าช้าของกำหนดเวลาการติดตั้ง ซึ่งทำให้ผู้รับเหมาได้รับผลกระทบจากการไม่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ตามคาด [35]

- **ความสามารถของผู้จัดการโครงการ** หมายถึง ผู้จัดการโครงการมีความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์ในด้านการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปสูง สามารถประสานงานผู้เกี่ยวข้องในโครงการเพื่อให้การก่อสร้างดำเนินไปอย่างราบรื่นและตรงตามเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยอาศัยแผนงานเป็นเครื่องมือในการควบคุมโครงการ

4.2.4 การสื่อสารและการประสานงานของแต่ละฝ่าย หมายถึง การสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลและการประสานงานของหน่วยงานต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการ ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ การผลิตและการก่อสร้าง โดยการสื่อสารและการประสานงานที่ดีจะมีส่วนสำคัญในการประสบผลสำเร็จของการก่อสร้าง โดยปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของกลุ่มปัจจัย มีดังนี้

- **การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุกฝ่าย** หมายถึง ผู้มีส่วนร่วมในโครงการตั้งแต่เจ้าของโครงการ ผู้จัดการโครงการ สถาปนิก วิศวกร ผู้ผลิตและผู้รับเหมาก่อสร้าง มีการทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิดและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันอย่างต่อเนื่อง [10] ในขั้นตอนการออกแบบ เจ้าของโครงการ สถาปนิก วิศวกร อาจรวมถึงผู้ผลิต ร่วมกันสรุปความคิดเห็นเพื่อให้ได้แบบก่อสร้างที่ตรงตามความต้องการของเจ้าของโครงการมากที่สุด ลดปริมาณการแก้ไขเปลี่ยนแปลงแบบเมื่อเริ่มลงมือก่อสร้างจริง ในขั้นตอนการผลิตและก่อสร้าง เป็นการทำงานร่วมกันของผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้ผลิตและผู้จัดการโครงการ [36]

- **การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ** หมายถึง ผู้ผลิตมีส่วนร่วมในการให้คำแนะนำในกระบวนการออกแบบอาคารของสถาปนิก โดยที่ความประหยัดของระบบสำเร็จรูปขึ้นอยู่กับความสามารถในการปรับแบบก่อสร้างให้สอดคล้องกับทรัพยากรและเทคโนโลยีการผลิตของผู้ผลิต ทั้งนี้หากแบบของอาคารสามารถปรับให้เป็นชิ้นส่วนที่ขนาดเดียวกันจำนวนมากหรือขนาดเดียวกับที่ผู้ผลิตดำเนินการผลิตอยู่แล้วจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในด้านการออกแบบชิ้นส่วน การปรับแบบหล่อและการอบรมและเรียนรู้ขั้นตอนการทำงานใหม่ [32] การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบจะช่วยลดปัญหาการผลิตชิ้นส่วนที่บกพร่อง ไม่เป็นไปตามแผน [35] ทั้งนี้อิทธิพลของผู้ผลิตในการออกแบบขึ้นกับปัจจัยที่สำคัญ คือ ช่วงเวลาที่ผู้ผลิตเข้าไปมีส่วนร่วม ระดับของการแนะนำที่ผู้ผลิตมีอำนาจในการทำได้และสุดท้ายคือระดับการยอมรับคำแนะนำต่างๆ ของผู้ออกแบบ [10]

- **ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง** หมายถึง แบบรูป (drawings) ที่ใช้ในการก่อสร้างมีรายละเอียดต่างๆ ครบถ้วน เช่น รูปแปลนการจัดห้อง รูปด้าน รูปตัด รูปขยาย แปลนหลังคา แปลนพื้น ผังการเดินสายไฟ ผังการเดินระบบท่อต่างๆ ผังบริเวณ ผังฐานราก หรือรูปประกอบอย่างอื่นเพื่อช่วยให้การทำงานถูกต้องยิ่งขึ้น พร้อมกับข้อกำหนดรายการก่อสร้าง (specifications) ซึ่งเป็นเอกสารที่อธิบายความคิดของผู้ออกแบบต่อบุคคลต่างๆ ซึ่งเกี่ยวกับงานก่อสร้างเพื่อกำหนดชนิด ขนาด

มาตรฐานการทำงานและรายละเอียดของงานที่จะก่อสร้าง [32] เอกสารทั้งสองรายการถือเป็นเอกสารสัญญาที่ใช้แนบกับสัญญาก่อสร้าง โดยเป็นส่วนหนึ่งของข้อตกลงที่ผู้รับเหมาก่อสร้างต้องดำเนินการให้เป็นไปตามนั้น อีกประการหนึ่งคือแบบก่อสร้างต้องสามารถสื่อสารกับบุคคลอื่นๆ ได้อย่างชัดเจน โดยอาศัยการใช้มาตราส่วนที่เหมาะสมและการให้รายละเอียดในจุดที่สำคัญอย่างเพียงพอ

● **ประสิทธิภาพในการประชุม** หมายถึง การจัดการประชุมระหว่างผู้มีส่วนร่วมในโครงการด้วยจำนวนครั้งและระยะเวลาที่เพียงพอสำหรับควบคุมกระบวนการนั้นๆ ให้เป็นไปตามแผนงาน ระหว่างขั้นตอนการก่อสร้างการประชุมร่วมระหว่างผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้ผลิตชิ้นส่วนและผู้ออกแบบอาคาร อย่างมีประสิทธิภาพจะมีส่วนช่วยให้โครงการดำเนินงานได้ตามกำหนดเวลาที่ตั้งไว้และแล้วเสร็จโครงการภายใต้งบประมาณ [35]

● **การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์** หมายถึง การนำเทคโนโลยีในด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารและการประสานงาน [38] ที่สำคัญคือการใช้โปรแกรมช่วยเหลือในการออกแบบ หรือ CAD ซึ่งใช้ในการสร้าง จัดเก็บและนำเสนอในรูปแบบต่างๆ การใช้โปรแกรม 3 มิติในการนำเสนอช่วยให้ทุกฝ่ายเข้าใจและเห็นภาพของอาคารหรือชิ้นส่วนได้ตรงกัน พร้อมกับสามารถปรับแก้ให้ตรงตามความต้องการได้อย่างรวดเร็ว [4] ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดเจนจากการใช้โปรแกรม CAD คือ

○ สร้างและจัดเก็บรายละเอียดของชิ้นส่วนมาตรฐานของอาคาร เช่น ผนัง แผงกั้นห้อง หน้าต่าง ประตู รายละเอียดอื่นๆ เช่น จุดเชื่อมต่อโครงสร้าง

○ ปรับปรุงแบบที่ได้ตามความต้องการของหน่วยงานอื่นๆ โดยการเพิ่มหรือลดข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น การเสริมเหล็กรับแรง การจัดแนวท่อและระบบแสงสว่าง

○ สร้างแบบรูปที่มีคุณภาพระดับสูง ตามรายการที่ต้องการ ทั้งมาตราส่วนและระดับของรายละเอียด

○ ใช้กับกิจกรรมที่มีความซับซ้อนมากขึ้นต้องอาศัยการคำนวณหรือการประมวลผลในระดับสูง เช่น ตรวจสอบความเข้ากันได้ของขนาดชิ้นส่วนที่ได้กำหนดขึ้น การสร้างภาพไอโซเมตริกหรือภาพมุมมองเปอร์สเปคทีฟ

○ ใช้เชื่อมต่อกับระบบที่มีความสามารถเฉพาะด้านและฐานข้อมูล เพื่อหาปริมาณวัสดุ ประมาณราคาหรือกำหนดรายการประกอบแบบ

4.2.5 ระดับความเป็นมาตรฐาน หมายถึง การกำหนดชุดนโยบายสำหรับมาตรฐานของความเป็นโมดุลลาร์และการควบคุมคุณภาพของแต่ละประเทศ [35] โดยเป้าหมายสูงสุดของการกำหนดมาตรฐานดังกล่าวเพื่อให้ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปมีลักษณะเป็นระบบ “เปิด” (Open system) นั่นคือชิ้นส่วนต่างๆ สามารถเลือกได้จากผู้ผลิตหลายแห่ง [10] รวมทั้งสามารถเข้ากับการออกแบบทุกรูปแบบที่อยู่บนเกณฑ์พื้นฐาน ซึ่งระบบเปิดถือเป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลให้เกิดความสำเร็จกับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป โดยปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของกลุ่มปัจจัย มีดังนี้

- **การใช้ระบบพิกัดประสาน** (Modular Coordination) หมายถึง ชุดของกฎในการกำหนดขนาดและระยะของชิ้นส่วนในการออกแบบ การผลิตและการติดตั้ง [8] ซึ่งกฎเกณฑ์ดังกล่าวเป็นที่ยอมรับในหลายๆ ประเทศ โดยมีเป้าหมายอยู่ที่

  - การลดความแตกต่างในการกำหนดขนาดของชิ้นส่วนแต่ละรูปแบบ หรือชิ้นส่วน ที่ผลิตจากโรงงานที่แตกต่างกัน
  - เพื่อความง่ายในการดัดแปลงชิ้นส่วนให้สามารถนำมาใช้ได้ในทุกตำแหน่งของอาคาร

- **การกำหนดระยะเผื่อ** (Tolerance) หมายถึง การกำหนดค่าเบี่ยงเบนสูงสุดที่อนุญาตให้เกิดขึ้นได้ ในกระบวนการผลิตและการติดตั้งชิ้นส่วน เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดและรูปร่างที่ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ [8]

- **การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน** หมายถึง การตั้งหน่วยงานอิสระที่ทำหน้าที่ในการกำหนดมาตรฐานในด้านการผลิต ทั้งขนาด รูปร่างและคุณภาพของชิ้นส่วนสำเร็จรูป รวมถึงการกำหนดกระบวนการและดำเนินการในการตรวจสอบและรับรองคุณภาพในการผลิตของผู้ผลิตชิ้นส่วน [35] เพื่อให้ผู้รับเหมาก่อสร้างหรือผู้ประกอบการมีแนวทางในการคัดเลือกผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีคุณภาพมาร่วมงาน

- **การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน** หมายถึง การกำหนดขนาดและรูปร่างมาตรฐานของชิ้นส่วนแต่ละประเภท เช่นพื้น ผนัง เพื่อการประสานงานระหว่างผู้ออกแบบและผู้ผลิตเป็นไปได้ง่ายขึ้น โดยการกำหนดขนาดที่เป็นมาตรฐานจะช่วยให้การผลิตชิ้นส่วนสามารถผลิตได้ครั้งละจำนวนมากๆ แรงงานเกิดความชำนาญมากขึ้น ลดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการปรับแต่งเครื่องจักรในการผลิตและการใช้ประโยชน์จากแบบหล่อได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ [35] ซึ่งทั้งหมดจะนำมาซึ่งการผลิตที่มีจุดคุ้มทุนในระดับต่ำ

4.2.6 การจัดการชิ้นส่วน หมายถึง การบริหารจัดการกระบวนการและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนในการผลิตชิ้นส่วนและขั้นตอนการขนส่งสู่หน่วยงาน ชิ้นส่วนสำเร็จรูปถือเป็นหัวใจของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ชิ้นส่วนที่นำมาติดตั้งต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน ทั้งในด้านของขนาด รูปร่างและคุณภาพ มาตรฐานของชิ้นส่วนสำเร็จรูปไม่ได้ส่งผลเฉพาะอัตราการติดตั้งที่หน่วยงาน คุณภาพของอาคารในด้านความแข็งแรงของโครงสร้างและความสวยงามของอาคาร มีงานที่ต่อเนื่องจำนวนมากที่ได้รับอิทธิพลจากคุณภาพของชิ้นส่วนและคุณภาพของการติดตั้ง รวมถึงความก้าวหน้าของงานโครงสร้างโดยรวม โดยปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของกลุ่มปัจจัย มีดังนี้

- **การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต** หมายถึง การกำหนดขนาดที่เหมาะสมและน้ำหนักของชิ้นส่วนสูงสุด ตามเงื่อนไขและข้อจำกัด ในกระบวนการผลิตและการขนส่ง โดยกระบวนการผลิตพิจารณาเงื่อนไขด้านเครื่องจักรในการผลิต แบบหล่อ เครื่องมือยก พื้นที่กองเก็บและเทคโนโลยีในการผลิต [34] ในส่วนกระบวนการขนส่ง พิจารณาเงื่อนไขด้านเครื่องมือในการ

ขนส่ง กฎหมายและข้อกำหนดทางด้านการจราจร ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของถนนและสะพาน ความกว้างและความสูงของอุโมงค์และทางลอด จนถึงทางเข้าถึงหน่วยงาน [36]

- **ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต** หมายถึง ความสามารถของเครื่องจักรและเครื่องมือในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนในการทำงานได้หลายวัตถุประสงค์ [10] โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการปรับปรุงจำนวนมาก เช่น แบบหล่อชิ้นส่วนสามารถปรับเปลี่ยนได้หลายรูปแบบและหลายขนาด ของชิ้นส่วนโครงสร้างแต่ละประเภท เครื่องจักรในการขนย้ายวัตถุดิบสามารถใช้งานทั้งประเภทการตัก ขนส่ง ยกหรือผสมได้ในเครื่องเดียวกัน และเครื่องมือในการยกชิ้นส่วนสามารถใช้งานได้ทั้งการยกชิ้นส่วนจากแบบหล่อและขนย้ายชิ้นส่วนไปยังลานกองเก็บหรือขนย้ายขึ้นรถเพื่อทำการขนส่งไปยังหน่วยงาน

- **ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน** หมายถึง ระดับของเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการผลิตชิ้นส่วนมีความเหมาะสมกับความสามารถในการที่จะพัฒนาแรงงานในการผลิตที่มีอยู่ให้มีความรู้ความเข้าใจและสามารถทำงานร่วมกับเทคโนโลยีดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ [10] เทคโนโลยีที่ทันสมัยหรือมีความยุ่งยากมาก จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรในการฝึกอบรมแรงงานในปริมาณสูงและมีความเสี่ยงในการเกิดความผิดพลาดได้สูง

- **การจัดผังโรงงาน** หมายถึง การจัดวางตำแหน่งเครื่องจักร เครื่องมือและพื้นที่ในการปฏิบัติงานให้เหมาะสมกับพื้นที่ของโรงงานและสอดคล้องกับกระบวนการผลิต [10] เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อสภาพการทำงานและเกิดประสิทธิภาพในการใช้แรงงานและเครื่องจักรระหว่างงานในพื้นที่ต่างๆ โดยมีหลักการสำคัญ คือ

  - มีพื้นที่เพียงพอสำหรับกิจกรรมทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการผลิต
  - มีพื้นที่เพียงพอในการกองเก็บวัตถุดิบและเครื่องมือ โดยพื้นที่ต้องมีความสะดวกในการเข้าถึงและสะดวกต่อการบำรุงรักษา
  - มีพื้นที่เพียงพอในการกองเก็บชิ้นส่วนที่ทำการผลิตแล้ว
  - แรงงานและเครื่องมือสามารถเข้าถึงพื้นที่ในการปฏิบัติงานได้ง่าย
  - การขนส่งวัตถุดิบสามารถทำได้อย่างสะดวกทั่วพื้นที่ในโรงงาน
  - การขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากพื้นที่กองเก็บไปยังประตูทางออกโรงงาน มีระยะทางสั้นที่สุดและสามารถเข้าถึงได้อย่างสะดวก
  - แรงงานมีความปลอดภัยในการปฏิบัติงานทั้งในด้านการใช้เครื่องมือเครื่องจักรและการขนย้ายวัสดุในระดับสูงสุด
  - การจัดกระบวนการผลิต ทำให้สามารถสังเกตสิ่งผิดปกติได้อย่างง่าย โดยสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า
  - การจัดพื้นที่มีความยืดหยุ่นอย่างเพียงพอต่อการขยายพื้นที่ในอนาคตสำหรับพื้นที่ในปฏิบัติการผลิตทุกพื้นที่

- **การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน** หมายถึง การตรวจสอบเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าชิ้นส่วนที่ผ่านกระบวนการผลิต มีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนดด้านขนาด รูปร่างและคุณภาพที่ต้องการ [36] โดยการควบคุมคุณภาพต้องดำเนินการในทุกขั้นตอนของการผลิต ตั้งแต่วัตถุดิบที่ใช้สำหรับการผลิต การผลิตคอนกรีต การหล่อชิ้นส่วน ชิ้นส่วนที่หล่อแล้วเสร็จและการกองเก็บชิ้นส่วนที่ได้มาตรฐาน โดยทั่วไปการพิจารณาคุณภาพของชิ้นส่วนจะประกอบด้วยปัจจัยดังนี้

  - คุณสมบัติของชิ้นส่วน ประกอบด้วยผลกระทบจากการแตกร้าว การแอ่นตัว ความผิดพลาดของขนาดและรูปร่างที่มีผลต่อความแข็งแรงของชิ้นส่วนและด้านความแข็งแรงของโครงสร้างอาคาร ความทนทาน ความสามารถในการรับน้ำหนักใช้งานและการดูแลรักษา
  - ความสวยงาม พิจารณาถึงความไม่สมบูรณ์ต่างๆ ของชิ้นส่วนและร่องรอยต่างๆ ที่มีผลต่อความสวยงามของอาคาร
  - ด้านเทคโนโลยี รวมถึงระดับความถูกต้อง ที่มีการคาดหวังจากเครื่องมือในการผสมคอนกรีต การทำแบบหล่อและขั้นตอนปฏิบัติการอื่นๆ ในการผลิต

- **การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน** หมายถึง การจัดการกระบวนการและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงานผลิตไปยังหน่วยงานก่อสร้าง โดยพิจารณาเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง คือ ขนาดและน้ำหนักของชิ้นส่วนสำเร็จรูป ขนาดของรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่ง ระยะทางจากโรงงานผลิตกับหน่วยงานก่อสร้าง น้ำหนักบรรทุกของถนนตามที่กฎหมายกำหนด ความกว้างของถนน การรับน้ำหนักของผิวทางและสะพาน ความสูงและความกว้างของอุโมงค์และทางลอด [35] นอกจากนี้สภาพการจราจรที่หน่วยงาน ทางเข้า และกฎระเบียบในพื้นที่เป็นปัจจัยที่ต้องพิจารณาเช่นกัน [36]

4.2.7 การจัดการภาคสนาม หมายถึง การจัดการพื้นที่ กระบวนการก่อสร้างและระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างที่หน่วยงาน เพื่อให้การก่อสร้างเป็นไปอย่างมีคุณภาพ พร้อมกับการประสานงานกับโรงงานผลิต เพื่อให้การติดตั้งชิ้นส่วนตรงตามกำหนดเวลา ประหยัด และมีความปลอดภัยสูง ตั้งแต่การวางแผนก่อสร้างจนการก่อสร้างแล้วเสร็จ โดยปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของกลุ่มปัจจัย มีดังนี้

- **การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง** หมายถึง การกำหนดขั้นตอนของกระบวนการก่อสร้างแต่ละส่วนโดยละเอียด มีการจัดลำดับของกระบวนการอย่างถูกต้อง การกำหนดบุคคลผู้รับผิดชอบอย่างชัดเจน การใช้เครื่องมือที่เหมาะสมและการตรวจสอบคุณภาพที่เข้มงวด [40] สำหรับการก่อสร้างสำเร็จรูป แผนวิธีก่อสร้างที่ถือเป็นหัวใจสำคัญคือแผนวิธีก่อสร้าง การติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปตามตำแหน่งที่กำหนดในแบบก่อสร้างอาคาร โดยกระบวนการติดตั้งประกอบด้วย [7]

  - ให้ชุดสำรวจกำหนด ตำแหน่ง แนวดิ่งและระดับของชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่จะทำการติดตั้งให้ถูกต้องตามแบบที่กำหนด

○ ตรวจสอบตำแหน่งของจุดเชื่อมต่อหรือรายละเอียดต่างๆ ให้ครบถ้วน ถูกต้องทั้งหมด

○ ดำเนินการยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปขึ้นติดตั้งตามแบบ และตามลำดับในตำแหน่งที่ชุดงานสำรวจจัดเตรียมไว้

○ ทำการติดอุปกรณ์สำหรับยึดกับอุปกรณ์ค้ำยัน

○ จัดแนวดิ่ง ระดับและตำแหน่งให้ได้ตามแบบและมาตรฐานการก่อสร้างสำหรับการปรับแนวดิ่งให้ปรับที่อุปกรณ์ค้ำยันจะสะดวกที่สุด

การกำหนดแผนวิธีก่อสร้างที่ดีจะช่วยให้ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับชิ้นส่วนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ตั้งแต่แผนการผลิต การจัดการขนส่ง การกองเก็บที่หน่วยงาน การติดตั้งและการควบคุมคุณภาพ ลดระยะเวลาในการทำงาน ลดความผิดพลาดในการติดตั้ง ช่วยให้ประหยัดทรัพยากรที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ไข

- **การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง** หมายถึง การกำหนดตำแหน่งของสิ่งปลูกสร้างชั่วคราวและจัดสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ตามความเหมาะสม เช่น ที่พักคนงาน โรงเก็บวัสดุอุปกรณ์ สำนักงานสนาม ห้องน้ำห้องส้วม เพิงพักชั่วคราว ประปา ไฟฟ้า รั้วบริเวณ ทางเดิน ถนน ที่จอดรถยนต์ ทางเข้า โรงเก็บรถยนต์หรือลานจอดรถ ที่เก็บน้ำมันเชื้อเพลิง บริเวณที่ใช้กองวัสดุ เป็นต้น [40] โดยการกำหนดผังบริเวณเป็นงานที่ต้องอาศัยความรอบคอบ เพื่อมุ่งหวังให้เกิดประสิทธิภาพต่อการดำเนินงาน โดยเฉพาะการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปที่ต้องมีการขนส่ง การกองเก็บและยกติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีขนาดใหญ่อยู่ตลอดเวลา จำเป็นต้องจัดผังบริเวณเพื่อให้การปฏิบัติงานดังกล่าวเป็นไปได้อย่างสะดวก ไม่มีอุปสรรคหรือต้องทำงานซ้ำซ้อนในแต่ละกิจกรรม โดยสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง ประกอบด้วย

○ วิธีการก่อสร้างและเทคโนโลยีที่ใช้

○ ลำดับหรือขั้นตอนของแต่ละกิจกรรมก่อสร้างในโครงการ

○ ระยะเวลาของงานก่อสร้างมีความสั้นหรือยาวเท่าใด เพื่อให้สามารถเลือกระบบสิ่งปลูกสร้างชั่วคราว รวมถึงเครื่องจักรที่จะใช้ได้อย่างเหมาะสม

○ ควรมีการวางแผนด้านผังบริเวณด้านผังบริเวณรวมถึงวิธีการก่อสร้างมากกว่าหนึ่งแนวทางและศึกษาเปรียบเทียบทางด้านต้นทุน เพื่อหาวิธีที่ดีที่สุด

○ ทรัพยากรที่มีอยู่และข้อจำกัดในการใช้งาน

- **การจัดการระบบวัสดุคงคลัง** หมายถึง การวางแผนกำหนดการนำเข้า รูปแบบการกองเก็บและกำหนดเวลาที่ต้องใช้งานของชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยการจัดการระบบวัสดุคงคลังจำเป็นต้องสามารถประสานแผนงานก่อสร้างที่หน่วยงานกับแผนงานการผลิตชิ้นส่วนที่โรงงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้การขนส่งชิ้นส่วนจากโรงงานสอดคล้องกับการใช้งานที่หน่วยงาน ลดภาระการกองเก็บ ซึ่งอาจนำมาซึ่งค่าใช้จ่ายจำนวนมากและความเสี่ยงในการเกิดความเสียหาย นอกจากนี้ระบบการจัดเก็บชิ้นส่วนสำเร็จรูปยังต้องพิจารณาถึงลำดับขั้นตอนและวิธีก่อสร้าง เพื่อให้ชิ้นส่วนในพื้นที่กองเก็บ

สามารถยกขึ้นติดตั้งได้ตามลำดับทันที ไม่เกิดความสับสนหรือยุ่งยากในการหาชิ้นส่วนที่ต้องการใช้ การนำวิธีการหรือหลักการต่างๆ ในการจัดการระบบวัสดุคงคลังเข้ามาใช้ เช่น Just-in-time หรือระบบ Lean ร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการระบบวัสดุคงคลังได้อย่างมาก [36]

- **โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด** หมายถึง โครงสร้างหล่อในที่เป็นไปตามแผนงานที่กำหนดไว้อย่างสอดคล้องกับแผนงานการติดตั้งชิ้นส่วน โดยโครงสร้างดังกล่าวต้องมีความสามารถในการรับน้ำหนักอย่างเพียงพอในการรองรับชิ้นส่วนพร้อมการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการเชื่อมต่อกับชิ้นส่วนในตำแหน่งที่ถูกต้อง ความล่าช้าในการก่อสร้างโครงสร้างที่หน่วยงานส่งผลให้การติดตั้งชิ้นส่วนเกิดความล่าช้า เกิดปัญหาในการกองเก็บชิ้นส่วนมากเกินความจำเป็น ในกรณีที่พื้นที่กองเก็บมีจำกัด อาจส่งผลถึงแผนการผลิตชิ้นส่วนที่โรงงานทำให้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปไม่สามารถลดระยะเวลาการก่อสร้างได้ [36]

- **แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน** หมายถึง การพิจารณาเลือกใช้เครื่องจักรกลที่มีความเหมาะสมกับสภาพของงานที่จะทำและสภาพพื้นที่ของหน่วยงาน โดยเครื่องจักรดังกล่าวถูกนำมาใช้งานในช่วงเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ไม่เป็นภาระในด้านของค่าใช้จ่ายและกีดขวางพื้นที่ในหน่วยงาน โดยหลักการในการเลือกใช้เครื่องจักรกล อาจพิจารณาได้กว้างๆ ดังนี้[7]

  - เลือกขนาดของเครื่องจักรกลให้เหมาะสมกับงานที่ทำอยู่ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณงาน หลักสำคัญคือจะต้องให้เครื่องจักรกลต่างๆ ทำงานสัมพันธ์กันโดยไม่ต้องหยุดรอเครื่องจักรกลบางเครื่อง ในขณะที่เครื่องจักรกลอื่นทำงานอยู่ ทั้งนี้จะต้องให้เครื่องจักรกลแต่ละเครื่องทำงานอย่างเต็มกำลังความสามารถ ดังนั้นการเลือกเครื่องจักรกลจึงต้องพอเหมาะกับงานไม่มีขนาดใหญ่หรือเล็กเกินไป

  - เลือกใช้เครื่องจักรกลแต่ละชนิดให้ถูกต้องเหมาะสมกับลักษณะของงานและสภาพของงาน เพื่อให้เครื่องจักรกลมีอายุการใช้งานยาวนาน เป็นการลดต้นทุนการซ่อมบำรุงไปด้วย ทั้งนี้เพราะเครื่องจักรกลแต่ละชนิดได้ออกแบบมาเพื่อใช้งานเฉพาะแต่ละอย่างเท่านั้น ถ้านำไปใช้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์จะทำให้เกิดผลเสียมากกว่าผลดี จึงเป็นการไม่คุ้มค่ากัน

  - ใช้เครื่องจักรกลให้เต็มความสามารถแต่ต้องไม่เกินขีดความสามารถเป็นอันขาด ทั้งนี้เพื่อให้ได้ประโยชน์มากที่สุดจากการใช้เครื่องจักรกลเหล่านั้น บางครั้งอาจต้องติดตั้งอุปกรณ์พิเศษช่วย เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะงาน ซึ่งจะช่วยให้งานง่ายขึ้นและยังช่วยให้อายุการใช้งานของเครื่องจักรกลยาวนานขึ้น

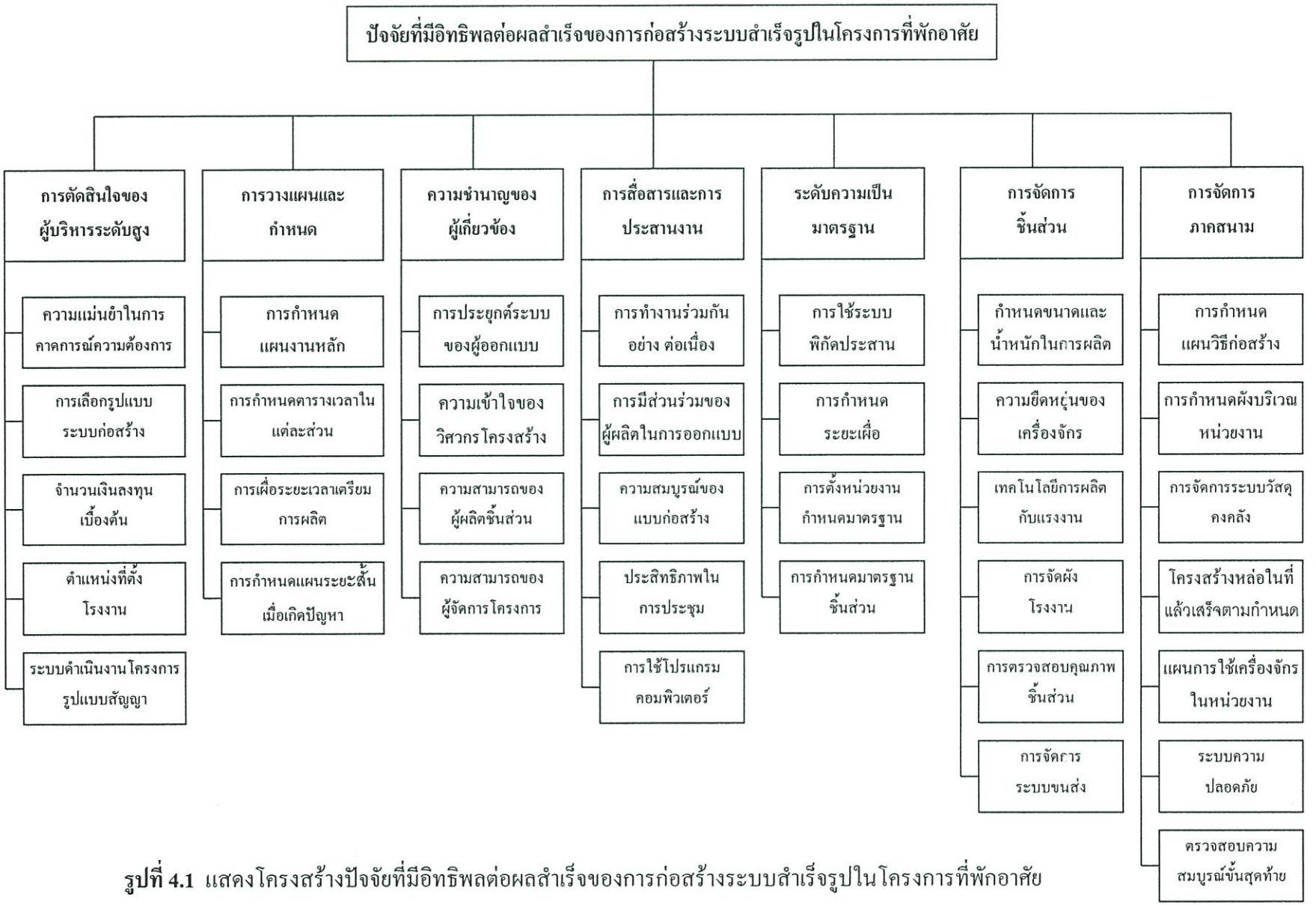
  - ใช้เครื่องจักรกลตามข้อแนะนำของผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด เพื่อรักษาเครื่องจักรกลให้อยู่ในสภาพที่ดี จะช่วยลดการสึกหรอของเครื่องจักรกลได้ ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงก็จะต่ำลง ทั้งนี้จะต้องเลือกผู้ที่มีความชำนาญในการใช้เครื่องจักรกลนั้นๆ เป็นอย่างดีทำหน้าที่เป็นพนักงานขับรถ ตลอดจนมีผู้ดูแลบำรุงรักษาประจำรถหรือเครื่องจักรกลนั้นๆ

○ ในการก่อสร้างผู้ควบคุมงานควรมีความเข้าใจถึงความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นแก่เครื่องจักรบ้างตามสมควร ถ้าเกิดการชำรุดเพียงเล็กน้อยก็ควรหยุดเครื่องตรวจสอบและแก้ไขเพื่อป้องกันการเสียหายมากขึ้นจนต้องหยุดซ่อมเครื่องจักรเป็นเวลาหลายๆ วัน ซึ่งจะต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้น การทำงานต้องชะงักลงด้วยและแผนการทำงานของโครงการต้องล่าช้า

- **การจัดการระบบความปลอดภัยในการทำงาน** หมายถึง การกำหนดระเบียบข้อปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการก่อสร้างอย่างมีแบบแผน เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นจากความประมาทของคนงานก่อสร้าง เกิดจากลักษณะของงานที่มีความเสี่ยง จากสิ่งแวดล้อมในการทำงานและจากการทำงานเอง [40] ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบในหลายๆ ด้าน เป็นต้นว่าทำให้งานก่อสร้างล่าช้า ขาดแคลนแรงงาน เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม บั่นทอนขวัญและกำลังใจของคนงาน โดยข้อปฏิบัติในการป้องกันอุบัติเหตุในการทำงาน เริ่มตั้งแต่การวางผังบริเวณในการก่อสร้างให้เกิดความสะดวกในการก่อสร้าง ง่ายต่อการควบคุมและเกิดความปลอดภัยสูงสุด ส่วนในขณะก่อสร้างเป็นหน้าที่ของผู้ควบคุมการก่อสร้างที่ต้องกำชับคนงานให้ปฏิบัติตามกฎระเบียบอย่างเคร่งครัดและอบรมคนงานให้ตระหนักถึงความสำคัญของอุบัติเหตุ
- **การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย** หมายถึง กระบวนการตรวจสอบความสมบูรณ์ของอาคารหลังจากการก่อสร้างแล้วเสร็จ ทั้งในส่วนของโครงสร้างหล่อในที่ ความถูกต้องของการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป การเก็บงานรอยต่อระหว่างแผ่นและงานตกแต่งสถาปัตยกรรม [36] ปัญหาด้านคุณภาพของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปที่เกิดขึ้นในอดีตส่งผลให้ลูกค้าขาดความเชื่อมั่นในระบบทั้งปัญหาเรื่องรอยร้าวของชิ้นส่วน รอยแยกที่รอยต่อแผ่นทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วซึม ปัญหาความชื้นซึมผ่านชิ้นส่วนเข้าภายในอาคาร ความสามารถในการป้องกันเสียงจากภายนอกและการป้องกันสภาพอากาศจากภายนอก ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพดังกล่าวจึงเป็นขั้นตอนสำคัญในการสร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้า สุดท้ายคือการตรวจสอบความสวยงาม ความต่อเนื่องของแนวรอยต่อชิ้นส่วนทั้งในแนวดิ่งและแนวระดับ จนถึงงานตกแต่งผิวทั้งที่แล้วเสร็จจากโรงงานและที่ทำที่หน่วยงาน

4.3 สรุป

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปโครงสร้างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยได้ ดังรูปที่ 4.1 ประกอบด้วย 7 ปัจจัยหลัก ดังนี้ (1) การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง (2) การวางแผนและกำหนดตารางเวลา (3) ความชำนาญของผู้เกี่ยวข้อง (4) การสื่อสารและการประสานงานของแต่ละฝ่าย (5) ระดับความเป็นมาตรฐาน (6) การจัดการชิ้นส่วน (7) การจัดการภาคสนาม ซึ่งมีปัจจัยย่อยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยเป็นองค์ประกอบของแต่ละปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 4.1 รวมทั้งสิ้น 35 ปัจจัย ซึ่งโครงสร้างนี้จะใช้เป็นกรอบในการพัฒนาแบบสอบถามในบทถัดไป



รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

บทที่ 5
ระเบียบวิธีการวิจัย

5.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงระเบียบวิธีการวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูล ที่เกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปของประเทศไทย การดำเนินการวิจัยนี้ได้จัดทำแบบสอบถามกับบุคคลที่มีประสบการณ์ด้านการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปและมีส่วนเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโครงการที่พักอาศัย เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) เพื่อพัฒนาและจัดโครงสร้างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปอย่างเป็นระบบต่อไป

5.2 การออกแบบสอบถามความคิดเห็นเพื่อการเก็บข้อมูล

ในการออกแบบสอบถามเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอนดังนี้

5.2.1 การกำหนดวัตถุประสงค์

การกำหนดวัตถุประสงค์ของแบบสอบถามเพื่อรวบรวมข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป เพื่อนำมาปรับปรุงพัฒนาระบบโดยมีวัตถุประสงค์ของแบบสอบถามดังนี้

(1) เพื่อทราบถึงสถานภาพและประสบการณ์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

(2) เพื่อทราบถึงความครบถ้วนของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

(3) เพื่อทราบถึงระดับความสำคัญของปัจจัยแต่ละปัจจัย

5.2.2 การกำหนดหัวข้อหรือประเด็นหลักของเนื้อหางานวิจัย

การกำหนดหัวข้อหรือประเด็นหลักของเนื้อหางานวิจัยนี้ ได้กำหนดเป็น 2 ส่วนหลัก ดังแสดงในผนวก ก โดยเนื้อหาจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ข้างต้น รายละเอียดของแต่ละส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถามเป็นการถามถึงสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถามและองค์กร เช่น ตำแหน่ง หน้าที่ และประสบการณ์ที่เคยมีส่วนเกี่ยวข้องการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

ส่วนที่ 2 การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับกลุ่มปัจจัยและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย เพื่อสำรวจความคิดเห็นถึงระดับความสำคัญของปัจจัย และข้อเสนอแนะที่เกิดจากประสบการณ์โดยมีระดับของความสำคัญ 5 ระดับ คือ

1 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยนั้น ต่ำมาก หรือไม่มีความสำคัญต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยเลย

2 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยนั้น ต่ำ ต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

3 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยนั้น ปานกลาง ต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

4 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยนั้น สูง ต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

5 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยนั้น สูงมาก ต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

ซึ่งแบบสอบถามส่วนที่ 2 ได้ถามถึงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป โดยการกำหนดปัจจัยดำเนินการโดยการกำหนดปัจจัยหลักแล้วก็จะทำการแตกปัจจัยหลักให้เป็นปัจจัยย่อยตามเนื้อหาที่สอดคล้องกับปัจจัยหลัก (ตามกรอบแนวความคิดในบทที่ 4)

5.2.3 ชนิดของแบบสอบถาม

ชนิดของแบบสอบถาม (Questionnaires type) ที่ใช้ในการวิจัยต่างๆ นั้นมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและวัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม ชนิดของแบบสอบถามที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีรูปแบบคำถามดังนี้

(1) คำถามปลายเปิด (Open – ended response question) เป็นคำถามที่ให้ผู้ตอบแบบสอบถาม ตอบโดยใช้คำพูดของตนเองในการตอบแบบสอบถามเป็นคำถามที่ไม่มีโครงสร้าง (Unstructured question) ซึ่งไม่มีการวางแผนหรือจัดแนวคำตอบไว้ ดังตัวอย่างในแบบสอบถามส่วนที่ 2 ข้อ 1.1.6 ที่ถามว่า “การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูงมีปัจจัยอื่น ๆ โปรดระบุ.....”

(2) คำถามปลายปิด (Close – ended response question) เป็นคำถามซึ่งมีทางเลือกให้ตอบกำหนดไว้คงที่ และให้ผู้ตอบคำถามตอบเพิ่มได้เองอีก 1 คำตอบซึ่งถือว่าเป็นคำถามที่มีโครงสร้าง (Structured question) เป็นคำถามที่มีการออกแบบเรียงตามลำดับไว้อย่างแน่นอน เพื่อให้ผู้ตอบคำถามตอบตามลำดับในแต่ละข้อ โดยคำถามปลายปิดที่เลือกใช้มีรูปแบบดังนี้

ก. คำถามแบบมีทางเลือกคงที่ (Determinant – choices question) หรือคำถามแบบหลายตัวเลือก (Multiple choice question) เป็นคำถามซึ่งมีทางเลือกคงที่และต้องการให้ผู้ตอบคำถามเพียง 1 คำตอบ จากหลายคำตอบดังตัวอย่างคำถามส่วนที่ 1 ข้อที่ 5

"ปริมาณชิ้นส่วนสำเร็จรูปต่ออาคารโดยเฉลี่ยจากโครงการที่ท่านเคยมีประสบการณ์ (เปรียบเทียบโดยมูลค่าด้านการเงิน)"

☐ น้อยกว่าร้อยละ 50 ☐ ร้อยละ 50 – ร้อยละ 75 ☐ มากกว่าร้อยละ 75

ข. คำถามแบบให้เลือกตอบหลายข้อ (Checklist question) เป็นคำถามที่มีทางเลือกกำหนดไว้คงที่ซึ่งให้ผู้ตอบคำถามได้มากกว่า 1 คำตอบ ดังตัวอย่างคำถามส่วนที่ 1 ข้อที่ 6

"ประเภทของธุรกิจขององค์กร (อาจเขียนมากกว่า 1 แห่ง ถ้าเหมาะสม)"

☐ พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ☐ บริหารโครงการ ☐ ออกแบบอาคาร

☐ รับเหมาก่อสร้าง ☐ ผลิตชิ้นส่วน ☐ อื่นๆ .....

ค. คำถามแบบใช้สเกลความสำคัญหรือสเกลความถี่ (Importance scale or frequency scale) เป็นคำถามที่ให้สเกลความสำคัญหรือสเกลความถี่แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้ สูงมาก สูง ปานกลาง ต่ำ และต่ำมาก ในแต่ละข้อผู้ตอบแบบสอบถามจะเลือกได้เพียงหนึ่งสเกลความสำคัญหรือสเกลความถี่เท่านั้น การตอบคำถามแบบนี้เมื่อทำการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดแล้วทำให้ทราบถึงความถี่ของสเกลความสำคัญหรือสเกลความถี่แต่ละลักษณะข้อมูล ซึ่งเมื่อนำมาหาสัดส่วนต่อจำนวนข้อมูลที่พิจารณาทั้งหมด จะทำให้ทราบถึงสเกลความสำคัญหรือสเกลความถี่สัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้แต่ละข้อ

5.3 แหล่งข้อมูล

แหล่งข้อมูล (Source of data) แหล่งข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย

- แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary source of data) ได้มาจากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่าง ที่เป็นผู้มีส่วนร่วมกับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปจำนวน 100 คน แต่ตอบกลับมาจำนวน 87 คน
- แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary source of data) ได้มาจากการศึกษาจากวารสารต่างประเทศวิทยานิพนธ์ และตำราต่างประเทศ
- ประชากร (Population) ประกอบด้วยบุคลากรที่มีประสบการณ์และเคยมีส่วนร่วมหรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย
- วิธีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling procedure) เนื่องจากการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย มีบุคลากรที่มีประสบการณ์หรือมีส่วนเกี่ยวข้องค่อนข้างน้อย การศึกษาวิจัยนี้ใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง เพื่อให้เข้าถึงกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์มากเพียงพอที่จะตอบแบบสอบถามได้อย่างตรงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยนี้

5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บข้อมูลนั้นได้ทำการแจกแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่าง นั่นคือผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย โดยผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปให้ผู้ตอบแบบสอบถามด้วยตนเองแล้วให้เวลาตอบแบบสอบถามประมาณ 7–14 วัน จึงเข้าไปรับแบบสอบถามตามวันที่นัด จำนวนทั้งสิ้น 100 คน ตอบกลับมาจำนวน 87 คน (รายละเอียดปัจจัยดูได้ในตารางที่ 6.1) โดยสอบถามความคิดเห็นถึงระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย โดยให้ระดับความสำคัญ คือ 5: มีความสำคัญสูงมาก 4: มีความสำคัญสูง 3: มีความสำคัญปานกลาง 2: มีความสำคัญต่ำ และ 1: มีความสำคัญต่ำมาก นอกจากนี้ ก่อนการแจกแบบสอบถามได้มีการทดสอบแบบสอบถามกับผู้เชี่ยวชาญด้านการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับความมีเหตุมีผล (Validity) ของตัวแบบสอบถาม หลังจากการทดสอบนี้ได้มีการปรับปรุงแบบสอบถามเพื่อให้มีความกระชับและชัดเจนตรงกับแนวทางการประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้างอาคาร โดยขั้นตอนการพัฒนาปัจจัยมีดังนี้

- ทบทวนวรรณกรรมภายในประเทศและของต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง [3-10, 32-40]
- วางโครงสร้างปัจจัยโดยอาศัยทฤษฎีระบบหลายลำดับชั้นที่แนะนำว่าการพัฒนาโครงสร้างของระบบควรสอดคล้องกับกระบวนการของโครงการแล้วจึงพัฒนารายละเอียดของปัจจัยภายในโครงสร้างดังกล่าวจากผลการทบทวนวรรณกรรมในบทที่ 3 หัวข้อ 3.3
- ทดสอบแบบสอบถามเพื่อช่วยหาปัจจัยเพิ่มเติมจากผู้ที่มีประสบการณ์สูงในด้านการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

5.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลและการประเมินผลข้อมูล

หลังจากได้ข้อมูลจากการสำรวจแล้วได้นำข้อมูลทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ โดยทำการวิเคราะห์เป็นตอน ๆ ตามหัวข้อหลักของแบบสอบถามที่ได้ตั้งไว้ด้วยโปรแกรม SPSS ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ได้ทดสอบความน่าเชื่อถือของสเกลด้วยการหาค่าสถิติ Cronbach's Alpha หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อ (1) เปรียบเทียบลำดับความสำคัญของปัจจัย (2) ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย และ (3) ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) ดังจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

5.5.1 ตรวจสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธี Cronbach's Alpha

เนื่องจากการวัดซึ่งเป็นค่าที่เป็นตัวเลขแก่ตัวแปรเป็นประเด็นที่สำคัญมากของการวิจัย ความถูกต้องและความเชื่อถือได้ของการวัดเป็นประเด็นที่สำคัญยิ่งของการวัด ความเชื่อถือได้ของการวัดหมายถึง ความสามารถของการวัดที่จะให้ผลของการวัดที่เหมือนกันสอดคล้องกัน [41] นั่น

คือความเชื่อถือได้ของการวัดคือการที่ผลที่ได้จากการวัดหลายครั้งมีความสอดคล้องกัน ซึ่งจะทราบต่อเมื่อได้มีการวัดหลาย ๆ ครั้ง การวัดหลาย ๆ ครั้ง นี้ให้ข้อมูลเชิงประจักษ์ (Empirical data) ที่เราจะมาใช้ทดสอบความเชื่อถือได้ประเภทการทดสอบความเชื่อถือได้ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการวัดความสอดคล้องภายในซึ่งมีด้วยกันหลายวิธีแต่วิธีที่นิยมมากคือ Cronbach's Alpha

สูตรของ Cronbach's Alpha คือ

$$\alpha = N/(N\text{-}1)\,[1-\Sigma\sigma^2(yi)/\sigma^2x] \qquad (5.1)$$

หากนำมาใช้กับค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจะได้สูตร คือ

$$\alpha = Nr/[1-r(N\text{-}1)] \qquad (5.2)$$

ในที่นี้ N = จำนวนของรายการ

σ^2x = ค่าความแปรผันทั้งหมด

$\Sigma\sigma^2(yi)$ = ผลรวมของค่าความผันแปรของแต่ละรายการ

r = ผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างรายการแต่ละรายการรวมกัน

การตีความหมายค่าอัลฟา เนื่องจากว่าค่าที่ได้นั้นขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างรายการ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นค่าที่เกิดจากการสมมุติว่าทุกรายการมีความน่าเชื่อถือได้เท่ากัน หรือทุกรายการขนานกัน (แบ่งครึ่งหรือทดสอบแล้วทดสอบอีก) ค่าอัลฟาจึงเป็นค่าประมาณต่ำ (Lower bound) ของค่าความเชื่อถือได้ จากสูตรที่ใช้จะเห็นได้ว่าค่าของอัลฟานั้นขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของความสัมพันธ์ระหว่างรายการและจำนวนรายการในมาตรวัด เมื่อค่าเฉลี่ยของความสัมพันธ์สูงขึ้น และจำนวนรายการมากขึ้นค่าอัลฟาจะมากขึ้นตามด้วยการเพิ่มรายการโดยทั่วไปจึงเป็นการเพิ่มค่าความเชื่อถือได้ อย่างไรก็ตามการเพิ่มรายการจะให้ผลตอบแทนน้อยลงตามลำดับ นอกจากนั้นบางครั้งการเพิ่มรายการที่เลวจะทำให้ค่าเฉลี่ยของความสัมพันธ์ระหว่างรายการลดลงค่าความน่าเชื่อถือได้จะลดลง ในทางปฏิบัติเมื่อทดสอบความเชื่อได้ หากพบว่าค่าอัลฟาอยู่ระหว่าง 0.50-0.65 กล่าวได้ว่าเชื่อถือได้ปานกลางหากมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป กล่าวได้ว่าเชื่อถือได้ค่อนข้างสูง และถ้าค่าต่ำกว่าระดับ 0.50 ถือว่าเชื่อถือได้น้อย [41]

5.5.2 ดัชนีระดับความสำคัญ

การเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย อาศัยค่าของดัชนีระดับความสำคัญ (เทียบเคียง Lehmann [42]) ดังแสดงในสมการที่ 5.3

$$\text{ตัวชี้ระดับความสำคัญ} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญ}}{\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน}} \quad (5.3)$$

โดยที่ ค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญจะหาได้จาก ผลรวมของคะแนนของข้อมูลทั้งชุดหารด้วยจำนวนข้อมูล จะหาได้จากสมการที่ 5.4

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots X_n}{N} = (\sum_{i=1}^{N} Xi) / N \quad (5.4)$$

เมื่อ X = ค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญ

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

Xi = คะแนนดิบ

i = 1,2,3.....N

และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เป็นการวัดการกระจายที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยการคำนวณได้จากสมการ 5.5

$$\text{S.D. หรือ} \quad \sigma = \sqrt{\Sigma \frac{(X - \mu)^2}{N}} \quad (5.5)$$

เมื่อ S.D. = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X = คะแนน

μ = ค่าเฉลี่ย

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ภายหลังที่ได้คัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญระดับต่ำออกไปแล้ว จะเหลือปัจจัยที่พิจารณาน้อยลง ซึ่งจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัจจัยต่อไป

5.5.3 ตรวจสอบความสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัย

การสร้างเมตริกความสัมพันธ์ของตัวแปรคือการหาความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือสหสัมพันธ์ (Correlation) ความสัมพันธ์ของตัวแปรทำให้ทราบว่าข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตั้งแต่ 1.00 ถึง -1.00 และมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังนี้

- ความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ ประกอบด้วย 2 ลักษณะคือ (1) ความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ทางบวกหรือไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งกรณีนี้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็น 1 กล่าวคือ ถ้าตัวแปรใดมีค่าเพิ่มขึ้นเท่าใดตัวแปรอีกตัวหนึ่งก็จะเพิ่มขึ้นเท่านั้น และ (2) ความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ทางลบหรือไปในทิศทางตรงกันข้าม ในกรณีนี้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็น – 1 ถ้าตัวแปรใดมีค่าเพิ่มขึ้นเท่าใดตัวแปรอีกตัวหนึ่งก็จะลดลงเท่านั้น

- ความสัมพันธ์กันอย่างไม่สมบูรณ์ ประกอบด้วย 2 ลักษณะคือ (1) ความสัมพันธ์กันอย่างไม่สมบูรณ์ทางด้านบวก หรือมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไปในทิศทางเดียวกันโดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 และ (2) ความสัมพันธ์อย่างไม่สมบูรณ์ทางด้านลบหรือมีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรไปในทิศทางตรงกันข้าม ในกรณีนี้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง -1 กับ 0

- การไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างข้อมูลในกรณีข้อมูลของตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์กันเลย ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าเป็น 0 นั้นคือ ลักษณะการกระจายของข้อมูลจะมีรูปแบบไม่แน่นอน การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของตัวแปรหนึ่งจะไม่สามารถทำให้ตัวแปรอีกตัวเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้

การวิจัยครั้งนี้เลือกใช้การหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman Rank Correlation) ซึ่งเป็นการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล 2 ตัวที่อยู่ในมาตราเรียงอันดับ (Ordinal scale) บางครั้งจึงเรียกว่า สหสัมพันธ์เชิงอันดับ (Rank correlation) สูตรที่ใช้คำนวณคือ

$$\rho = 1 - \frac{6\Sigma D^2}{N(N^2 - 1)} \tag{5.6}$$

เมื่อ ρ = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน

D = ผลต่างอันดับที่ของข้อมูลแต่ละคู่

N = จำนวนข้อมูล

การหาเมตริกความสัมพันธ์ จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยวิเคราะห์ปัจจัยในขั้นแรกวิธีหนึ่ง เพื่อจะช่วยตรวจสอบความมีเหตุผลของตัวแปรที่พัฒนาขึ้นและช่วยให้สามารถตัดสินใจได้ว่าควรพิจารณาลดตัวแปรใดก่อนการใช้เทคนิควิเคราะห์ปัจจัย ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

5.5.4 การวัดความเหมาะสมของข้อมูลด้วย KMO and Bartlett's test

- KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) เป็นค่าที่ใช้วัดความเหมาะสมของข้อมูลตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์โดยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย โดยที่ [11]

$$KMO = \frac{\sum ri^2}{\sum ri^2 + \sum (partialcorrelation)^2} \qquad (5.7)$$

โดยที่ r = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ซึ่งทำให้ค่า $0 \le KMO \le 1$

- ถ้าค่า KMO มีค่าน้อย (เข้าสู่ศูนย์) แสดงว่าเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยไม่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่
- ถ้าค่า KMO มีค่ามาก (เข้าสู่หนึ่ง) แสดงว่าเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่
- โดยทั่วไปถ้าค่า KMO < 0.5 จะถือว่า ข้อมูลที่มีอยู่ไม่เหมาะสมที่จะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย

- Bartlett's Test เป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

  H_0 : Correlation matrix เป็น Identity matrix หรือ ตัวแปรต่างๆ ไม่มีความสัมพันธ์กัน

  H_1 : ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน

ดังนั้นถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่าตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์กัน จึงไม่ควรใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย

5.5.5 ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis)

การวิเคราะห์ปัจจัย [13] เป็นเทคนิคที่จัดกลุ่มตัววัดเข้าด้วยกันการวิเคราะห์ปัจจัยกระทำเพื่อจัดกลุ่มปัจจัย และลดจำนวนปัจจัยเพื่อประโยชน์ในการจัดโครงสร้างและพัฒนาความสัมพันธ์ของปัจจัย โดยการวิเคราะห์นี้แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลักคือ

- การสกัดปัจจัย

การสกัดปัจจัยเพื่อจัดโครงสร้างของปัจจัยและตัววัดใช้วิธีการวิเคราะห์แกนหลัก (Principle component analysis)

- การหมุนแกนปัจจัย

การหมุนแกนปัจจัยกระทำเพื่อให้สามารถจัดตัววัดเข้ากลุ่มแกนปัจจัยได้ง่ายขึ้น

- การให้ความหมายหรือกำหนดชื่อแก่ปัจจัย

5.6 การวิเคราะห์ปัจจัยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อที่จะหาระดับความสำคัญของปัจจัยและการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยในระดับต่าง ๆ เพื่อจัดกลุ่มของปัจจัยเข้าด้วยกันนั้น เป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความซับซ้อนและต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์มาก เนื่องจากมีปัจจัยในการวิเคราะห์จำนวนมาก การวิจัยครั้งนี้จึงได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

คือโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5 for Windows (The Statistical Package for the Social Sciences) ซึ่งโปรแกรมสำเร็จรูปนี้เป็นโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสถิติที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เพราะมีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลหลาย ๆ ด้าน เป็นการลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูลและทำให้การวิจัยมีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากขึ้น

5.7 สรุป

การศึกษาวิจัยเริ่มจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยว่ามีปัจจัยใดบ้างและศึกษากระบวนการการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปจากวารสารตำราต่างประเทศและวิทยานิพนธ์ของประเทศไทย หลังจากนั้นนำมาปรับปรุงวางโครงสร้างของปัจจัยโดยอาศัยปัจจัยจากวรรณกรรมข้างต้น และกำหนดรายละเอียดเพื่อให้ได้แบบสอบถามที่มีความชัดเจน โดยผ่านการทดสอบแบบสอบถามจากผู้ที่มีประสบการณ์สูงเกี่ยวกับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย จำนวน 3 คนหลังจากนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามให้กระชับ ถูกต้อง และตรงประเด็นยิ่งขึ้น จึงแจกแบบสอบถามเพื่อสำรวจระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยจากผู้มีส่วนร่วมกับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย จำนวน 100 ชุด ข้อมูลที่รวบรวมได้จากแบบสอบถามจะถูกนำไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ตามวิธีการที่เสนอไว้ ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดได้นำเสนอไว้ในบทถัดไป

บทที่ 6
การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 บทนำ

จากข้อมูลการวิจัย เรื่อง "ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย" เมื่อนำมาพิจารณาและวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS สามารถนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- คุณลักษณะของข้อมูล
- สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
- วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของแบบสอบถาม
- เปรียบเทียบลำดับความสำคัญของปัจจัยแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย
- ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทุกปัจจัย
- จัดกลุ่มปัจจัย โดยอาศัยหลักการวิธีวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) เพื่อลดจำนวนปัจจัย พร้อมกับกำหนดชื่อของกลุ่มปัจจัยที่ได้

6.2 คุณลักษณะข้อมูล

จากแบบสอบถามที่ส่งออกไปเพื่อสำรวจความคิดเห็นต่อปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย จากผู้เกี่ยวข้องกับโครงการที่พักอาศัยและมีประสบการณ์ด้านการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป จำนวน 100 ชุด ได้รับแบบสอบถามที่สมบูรณ์กลับคืนมาจำนวน 87 ชุด ตามตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 สรุปลักษณะของข้อมูล

ผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวนแบบสอบถาม		ร้อยละที่ได้รับคืน
	ที่ส่ง	ได้รับคืน	
ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการที่พักอาศัยและมีประสบการณ์ด้านการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป	100	87	87

Babbie [43] ให้คำแนะนำไว้ว่าหากอัตราการตอบรับแบบสอบถามกลับมามากกว่าร้อยละ 50 สามารถรายงานได้ ถ้ามากกว่าร้อยละ 60 ถือว่าดี และถ้ามากกว่าร้อยละ 70 ถือว่าดีเยี่ยม ดังนั้นจากตารางที่ 6.1 แบบสอบถามได้รับคืนในระดับร้อยละ 87 ถือว่าดีเยี่ยมสามารถนำไปวิเคราะห์ผลต่อได้

6.3 การวิเคราะห์สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งมีประสบการณ์ในด้านการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย จำนวนทั้งสิ้น 87 คน โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบของตารางตามลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.2 แสดงจำนวนและค่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามตำแหน่งปัจจุบัน

ตำแหน่งปัจจุบัน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ผู้จัดการโครงการ	10	11.5
วิศวกรโครงการ	19	21.8
สถาปนิก	17	19.5
วิศวกร	31	35.6
ช่างเทคนิค	10	11.5
รวม	**87**	**100**

ตารางที่ 6.3 แสดงจำนวนและค่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามหน้าที่ความรับผิดชอบ

หน้าที่ความรับผิดชอบ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
บริหารโครงการ	24	27.6
ออกแบบอาคาร	7	8.0
ผลิตชิ้นส่วนและขนส่ง	12	13.8
ก่อสร้างที่หน่วยงาน	27	31.0
ติดตั้งชิ้นส่วน	17	19.5
รวม	**87**	**100**

ตารางที่ 6.4 แสดงจำนวนและค่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามรูปแบบอาคาร

รูปแบบอาคาร	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ทาวน์เฮาส์, บ้านเดี่ยว	40	46.0
อาคารชุด (แฟลต คอนโด)	47	54.0
รวม	**87**	**100**

ตารางที่ 6.5 แสดงจำนวนและค่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามประสบการณ์ก่อสร้างในด้านรูปแบบของระบบก่อสร้างสำเร็จรูป

รูปแบบระบบสำเร็จรูป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เสา คาน พื้น สำเร็จรูป	3	3.4
พื้น ผนัง สำเร็จรูป	19	21.8
ผนังรับน้ำหนัก	65	74.7
รวม	**87**	**100**

ตารางที่ 6.6 แสดงจำนวนและค่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามปริมาณชิ้นส่วนสำเร็จรูปต่อปริมาณงานทั้งอาคาร

ปริมาณชิ้นส่วน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
น้อยกว่าร้อยละ 50	10	11.5
ร้อยละ 50 – ร้อยละ 75	27	31.0
มากกว่าร้อยละ 75	50	57.5
รวม	**87**	**100**

ตารางที่ 6.7 แสดงจำนวนและค่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามประเภทธุรกิจขององค์กร

ประเภทธุรกิจ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
พัฒนาอสังหาริมทรัพย์	33	37.9
บริหารโครงการ	7	8.0
รับเหมาก่อสร้าง	38	43.7
ผลิตชิ้นส่วน	9	10.3
รวม	**87**	**100**

จากตารางที่ 6.2 และ 6.3 แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามล้วนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปทั้งสิ้น โดยผู้ตอบแบบสอบถามโดยส่วนมากมีตำแหน่งเป็นวิศวกร คิดเป็นร้อยละ 35.6 และเมื่อพิจารณาในด้านของหน้าที่ความรับผิดชอบ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนมากมีหน้าที่ก่อสร้างที่หน่วยงานคิดเป็นร้อยละ 31 ในส่วนตารางที่ 6.4, 6.5 และ 6.6 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถามครอบคลุมรูปแบบของอาคาร รูปแบบของระบบสำเร็จรูป และปริมาณชิ้นส่วนในทุกกลุ่มอย่างครบถ้วน และตารางที่ 6.7 แสดงประเภทธุรกิจองค์กรของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยส่วนมากเป็นธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง คิดเป็นร้อยละ 43.7 ทั้งนี้เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความ

แตกต่างของการให้ระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูประหว่างกลุ่มต่างๆ ตามเงื่อนไขด้าน ตำแหน่ง หน้าที่รับผิดชอบ รูปแบบอาคาร รูปแบบระบบสำเร็จรูป ปริมาณชิ้นส่วนและประเภทของธุรกิจ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) พบว่ามีปัจจัยจำนวนน้อยมากที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละกลุ่ม (แสดงในภาคผนวก ข) จึงสามารถแปลความหมายได้ว่า เงื่อนไขในการแบ่งกลุ่มดังกล่าวไม่มีอิทธิพลต่อการให้ระดับความสำคัญปัจจัย [44] นั่นคือข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดสามารถวิเคราะห์รวมกันเป็นชุดข้อมูลเดียวกันได้โดยไม่ได้รับผลกระทบจากจำนวนข้อมูลที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม

6.4 การวิเคราะห์ค่าความน่าเชื่อถือของแบบสอบถาม

จากข้อมูลความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม ในคำถามส่วนที่ 2 "ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย" คำถามนี้ได้ถามเพื่อรวบรวมปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย เมื่อนำมาทดสอบความน่าเชื่อถือของสเกล ด้วยการหาค่าสถิติ Cronbach's Alpha ได้ค่าสถิติเป็น 0.935 จากปัจจัยจำนวน 35 ปัจจัย และผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 87 คน แสดงว่าสเกลมีความน่าเชื่อถือ (ค่า Cronbach's Alpha ที่ชี้ว่าสเกลน่าเชื่อถือควรมีค่ามากกว่า 0.7 [45])

6.5 การเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของปัจจัย

การเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยแต่ละปัจจัย ใช้การพิจารณาจากค่าดัชนีระดับความสำคัญ ดังแสดงในสมการที่ 5.4 โดยลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยพร้อมค่าดัชนีระดับความสำคัญได้แสดงไว้ในตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6.8 แสดงค่าดัชนีตัวชี้ระดับความสำคัญและลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย จำนวน 35 ปัจจัย

ลำดับที่	ปัจจัย	ดัชนีความสำคัญ	ค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน	10.08	4.69	0.47
2	ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	9.20	4.58	0.50
3	การจัดผังโรงงาน	8.89	4.18	0.47
4	การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง	8.19	4.39	0.54

ตารางที่ 6.8 (ต่อ)

ลำดับที่	ปัจจัย	ดัชนีความสำคัญ	ค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
5	การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	7.62	4.64	0.61
6	การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน	7.17	4.49	0.63
7	การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร	7.05	4.29	0.61
8	จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น	7.01	4.52	0.65
9	การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	6.97	4.49	0.65
10	การกำหนดแผนงานหลัก	6.93	4.25	0.61
11	การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง	6.93	4.25	0.61
12	โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด	6.91	4.41	0.64
13	การกำหนดระยะเผื่อ	6.64	4.29	0.65
14	ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน	6.53	4.25	0.65
15	การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน	6.47	4.29	0.66
16	การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	6.25	4.33	0.69
17	ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบในตลาด	6.21	4.06	0.65
18	ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน	6.20	3.87	0.63
19	ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา	5.64	4.09	0.73
20	การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป	5.61	4.10	0.73
21	การใช้ระบบพิกัดประสาน	5.46	4.24	0.78
22	การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	5.43	4.05	0.75
23	การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุกฝ่าย	5.33	3.92	0.74
24	แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน	5.27	3.91	0.74
25	การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	5.26	3.89	0.74
26	การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	5.25	4.07	0.77
27	การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	5.10	3.83	0.75
28	ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต	5.10	3.75	0.74
29	ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	5.06	3.91	0.77
30	ประสิทธิภาพในการประชุม	4.96	3.79	0.77
31	ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	4.93	4.09	0.83
32	การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน	4.85	4.09	0.84
33	ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	4.50	4.09	0.91
34	การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	4.46	3.77	0.85
35	การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	4.17	3.78	0.91

"การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน" "ความสามารถของผู้จัดการโครงการ" "การจัดผังโรงงาน" "การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง" และ "การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย" คือ 5 ปัจจัยที่มีค่าดัชนีระดับความสำคัญมากที่สุดตามลำดับ ในทางกลับกัน "ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง" "การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน" "ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง" "การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน" และ "การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต" เป็นปัจจัยที่มีค่าดัชนีระดับความสำคัญน้อยที่สุด 5 อันดับสุดท้าย จากผลการศึกษาผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญกับปัจจัย "การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน" เป็นอันดับสูงสุด เนื่องจากความสมบูรณ์ของชิ้นส่วนมีผลอย่างยิ่งต่อการก่อสร้างทุกขั้นตอน ชิ้นส่วนที่บกพร่องทำให้เกิดความล่าช้าในการติดตั้งส่งผลถึงแผนงานโดยรวมของโครงการและการต้องผลิตชิ้นส่วนใหม่ทำให้เกิดการขัดจังหวะในกระบวนการผลิตที่ต่อเนื่อง [36] นอกจากนั้นการติดตั้งชิ้นส่วนที่ไม่ได้คุณภาพส่งผลต่อการจัดแนวสำหรับงานตกแต่งภายในและภายนอกรวมถึงการส่งผลต่อปริมาณพื้นที่ว่างภายในที่เหลือจริง [3] ส่วนปัจจัย "การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต" เป็นปัจจัยที่มีค่าดัชนีระดับความสำคัญในอันดับสุดท้าย เนื่องจากผู้ประกอบการส่วนมากใช้รูปแบบอาคารและรูปแบบชิ้นส่วนใกล้เคียงกับโครงการที่ผ่านมา ทำให้การผลิตชิ้นส่วนไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก สามารถใช้ช่วงเวลาในการก่อสร้างงานฐานรากและพื้นชั้นล่างในการผลิตชิ้นส่วนได้อย่างพอเพียง

6.6 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัย

วิธี Spearman Rank Correlation ได้ถูกนำมาใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยแต่ละปัจจัยเพื่อตรวจสอบความมีเหตุผลของปัจจัยที่พัฒนาขึ้น และตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลในการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) ที่ปัจจัยทุกปัจจัยควรมีความสัมพันธ์กันมาก [11] จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีของ Spearman พบว่าปัจจัยทุกปัจจัยมีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญดังแสดงในตารางที่ 6.9 ซึ่งจากตารางแสดงให้เห็นว่า "การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ" และ "ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต" มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (.696) โดยเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (เครื่องหมายเป็นบวก) ในทางกลับกัน "จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น" และ "ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา" มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ (.003) และมีทิศทางตรงข้ามกัน (เครื่องหมายเป็นลบ) [46] และเมื่อพิจารณาเป็นรายปัจจัยแล้วพบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นๆ มากที่สุด 5 อันดับแรก คือ "การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป" "การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์" "การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ" "การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง" และ "ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต" ในส่วนของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นน้อยที่สุด คือ "การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต" "การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต" "การกำหนดระยะเผื่อ" "การกำหนดแผนงานหลัก" และ "ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา" ตามลำดับ

6.7 การวิเคราะห์ปัจจัย

การวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อจัดกลุ่มและลดจำนวนปัจจัย โดยการรวมปัจจัยหลาย ๆ ตัวให้อยู่ในรูปของกลุ่มปัจจัยตัวใหม่ [11] เพื่อประโยชน์ในการจัดโครงสร้างและพัฒนาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย โดยการวิเคราะห์แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

- การหาความเหมาะสมของข้อมูลในการใช้การวิเคราะห์ปัจจัย : งานวิจัยนี้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของ KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) และ Bartlett's test of sphericity เป็นตัววัดความพอเพียงเกี่ยวกับจำนวนตัวอย่างที่ใช้ ซึ่งได้ค่าสัมประสิทธิ์ KMO เท่ากับ 0.643 ซึ่งมากกว่า 0.5 (ค่าสัมประสิทธิ์ KMO ควรมากกว่า 0.5 จึงจะเหมาะสมที่จะใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย [45]) ในส่วนการทดสอบแบบ Bartlett's test ได้ค่า Significance = .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แปลความหมายได้ว่า ปัจจัยทั้งหมดมีความสัมพันธ์กัน นั่นคือจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีความพอเพียงสำหรับใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย

- การสกัดปัจจัย : ใช้วิธีการวิเคราะห์แกนหลัก (Principal Component Analysis) เพื่อสกัดปัจจัยและจัดโครงสร้างของปัจจัย ผลการสกัดปัจจัยแนะนำให้แบ่งปัจจัยออกเป็น 7 กลุ่ม (Component) การคัดเลือกกลุ่มปัจจัยพิจารณาจากค่าไอเก่น (Eigenvalues) โดยเลือกเฉพาะกลุ่มปัจจัยที่มีค่าสูงกว่า 1 ดังตารางที่ 6.10 และทั้ง 7 กลุ่มปัจจัยนี้รวมค่าความแปรผันได้ร้อยละ 78.45 ซึ่งแปลความหมายได้ว่าปัจจัยทั้ง 7 กลุ่มนี้สามารถอธิบายอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปของปัจจัยทั้งหมดได้ร้อยละ 78.45 ซึ่งถือว่ายอมรับได้ (ค่าร้อยละของความแปรผันรวมที่

ตารางที่ 6.9 ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ร่วม Spearman Rank Correlation ของปัจจัย

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย	การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป	การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง	ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบในตลาด	.449**	.383**	.279**	.367**	.249*
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป	1	.562**	.560**	.548**	.503**
จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น	.674**	.277**	.420**	.317**	.427**
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	.264*	.089	.389**	.200	.450**
ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา	-.084	-.074	-.023	.056	.175
การกำหนดแผนงานหลัก	.433**	.403**	.347**	.403**	.169
การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน	.441**	.323**	.448**	.433**	.389**
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	.087	.171	.205	.273*	.195
การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	.266*	.281**	.552**	.314**	.405**
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร	.403**	.328**	.437**	.543**	.295**
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	.214*	.424**	.169	.389**	.382**
ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน	.140	.265*	.473**	.380**	.281**
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	.410**	.258*	.467**	.544**	.530**
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุกฝ่าย	.448**	.296**	.390**	.405**	.393**
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	.560**	.502**	1	.526**	.696**
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	.614**	.568**	.604**	.569**	.487**
ประสิทธิภาพในการประชุม	.517**	.672**	.493**	.483**	.403**
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	.562**	1	.502**	.494**	.460**
การใช้ระบบพิกัดประสาน	.589**	.668**	.312**	.385**	.353**
การกำหนดระยะเผื่อ	.355**	.495**	.192	.142	.180
การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	.377**	.469**	.367**	.252*	.486**
การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน	.342**	.488**	.334**	.485**	.544**
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	.334**	.210	.267*	-.027	.242*
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต	.503**	.460**	.696**	.608**	1
ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน	.232*	.282**	.271*	.357**	.512**
การจัดผังโรงงาน	.484**	.507**	.363**	.495**	.539**
การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน	.573**	.480**	.606**	.492**	.584**
การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน	.445**	.408**	.502**	.526**	.578**
การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง	.510**	.476**	.552**	.544**	.478**
การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง	.548**	.494**	.526**	1	.608**
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	.619**	.606**	.417**	.490**	.464**
โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด	.305**	.482**	.250*	.371**	.151
แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน	.575**	.558**	.363**	.589**	.490**
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	.588**	.397**	.517**	.536**	.594**
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	.475**	.299**	.606**	.324**	.471**

หมายเหตุ: (*) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, (**) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 6.9 (ต่อ)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย	การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	การกำหนดระยะเผื่อ	การกำหนดแผนงานหลัก	ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบในตลาด	.374**	-.096	.319**	.253*	.087
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป	.087	.334**	.355**	.433**	-.084
จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น	.056	.301**	.226*	.018	.003
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	.552**	-.305**	.147	.123	.389**
ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา	.684**	-.223*	.340**	-.157	1
การกำหนดแผนงานหลัก	.142	.033	.020	1	-.157
การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน	.376**	.018	-.059	.590**	.041
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	1	-.370**	.287**	.142	.684**
การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	.320**	.274*	.007	.373**	.136
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร	-.054	-.011	-.005	.550**	-.324**
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	.505**	-.238*	.363**	.022	.353**
ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน	.311**	-.357**	.019	.420**	-.025
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	-.157	.228*	-.231*	.470**	-.148
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุกฝ่าย	.462**	.011	.074	.381**	.341**
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	.205	.267*	.192	.347**	-.023
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	.222*	.239*	.370**	.291**	.110
ประสิทธิภาพในการประชุม	.403**	.116	.428**	.459**	.244*
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	.171	.210	.495**	.403**	-.074
การใช้ระบบพิกัดประสาน	.092	.386**	.718**	.187	.084
การกำหนดระยะเผื่อ	.287**	.242*	1	.020	.340**
การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	.328**	.104	.592**	-.088	.300**
การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน	.269*	.086	.463**	.067	.366**
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	-.370**	1	.242*	.033	-.223*
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต	.195	.242*	.180	.169	.175
ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน	.484**	-.132	.379**	.054	.539**
การจัดผังโรงงาน	.231*	-.150	.207	.320**	.154
การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน	-.245*	.401**	.029	.156	-.259*
การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน	-.033	.050	.019	.094	-.229*
การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง	-.046	.532**	.196	.353**	-.131
การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง	.273*	-.027	.142	.403**	.056
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	.136	.356**	.355**	.209	.008
โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด	-.263*	.401**	.103	.382**	-.434**
แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน	.212*	.096	.420**	.128	.146
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	.187	-.024	.311**	.152	.057
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	-.205	.217*	-.121	.243**	-.451**

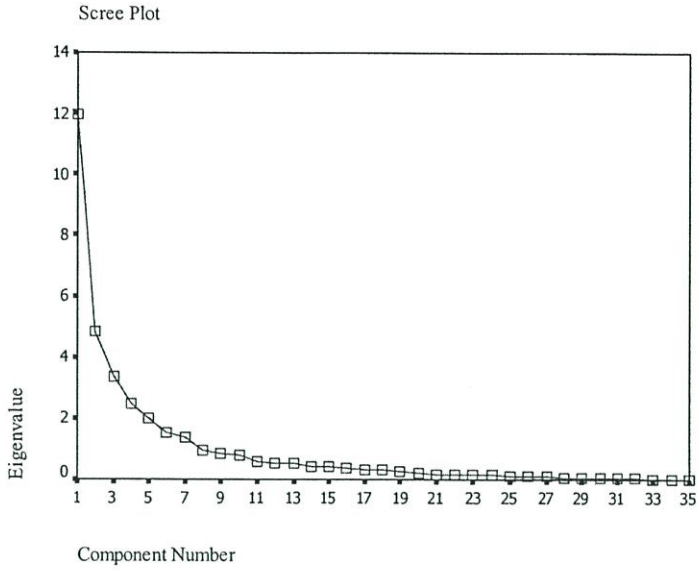
หมายเหตุ: (*) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, (**) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

สามารถยอมรับได้ไม่ควรน้อยกว่าร้อยละ 70 [47]) ทั้งนี้เมื่อนำค่าความแปรผันของกลุ่มปัจจัยแต่ละกลุ่มมาเขียนเป็นกราฟจะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.1

ตารางที่ 6.10 แสดงค่าความแปรผันของกลุ่มปัจจัย

กลุ่มปัจจัย	ผลรวมความแปรผันจากการสกัดปัจจัย			ผลรวมความแปรผันจากการหมุนแกนหลัก		
	ค่าไอเค่น	ร้อยละของความแปรผัน	ร้อยละสะสมของความแปรผัน	ค่าไอเค่น	ร้อยละของความแปรผัน	ร้อยละสะสมของความแปรผัน
1	11.94	34.11	34.11	5.95	16.99	16.99
2	4.83	13.79	47.90	5.32	15.21	32.20
3	3.38	9.65	57.55	3.82	10.92	43.12
4	2.49	7.11	64.66	3.62	10.35	53.47
5	1.97	5.62	70.28	3.26	9.31	62.78
6	1.51	4.31	74.59	3.23	9.21	71.99
7	1.35	3.86	78.45	2.26	6.46	78.45
8	.919	2.627	81.081			
9	.839	2.398	83.479			
10	.773	2.208	85.687			
11	.572	1.633	87.320			
12	.518	1.480	88.800			
13	.499	1.424	90.224			
14	.441	1.260	91.484			
15	.431	1.231	92.715			
16	.346	.987	93.702			
17	.300	.857	94.559			
18	.289	.825	95.384			
19	.238	.681	96.065			
20	.211	.601	96.666			
21	.182	.519	97.185			

Extraction Method: Principal Component Analysis.



รูปที่ 6.1 แสดงกราฟที่พล็อตค่าไอเค่น (Eigenvalues) ของกลุ่มปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

- การหมุนแกนปัจจัย : จากการสกัดปัจจัยจากขั้นตอนที่ผ่านมา พบว่ามีปัจจัยบางปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบปัจจัย (Factor loading) เป็นค่ากลางๆ ไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มใดกลุ่มหนึ่งได้อย่างชัดเจน จึงใช้การหมุนแกนปัจจัยแบบตั้งฉาก (Orthogonal Rotation) วิธี Varimax โดยหลังการหมุนแกนปัจจัย ยังได้กลุ่มปัจจัยเป็น 7 กลุ่มและมีค่าความแปรผันรวมเท่ากับร้อยละ 78.45 ซึ่งไม่แตกต่างจากขั้นตอนของการสกัดปัจจัย แต่ค่าความแปรผันรวมในแต่ละกลุ่มปัจจัยจะมีการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในตารางที่ 6.10 ส่วนของผลรวมความแปรผันจากการหมุนแกนหลัก โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบปัจจัยของแต่ละปัจจัยจะสามารถจัดเข้าเป็นกลุ่มปัจจัยได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในตารางที่ 6.11 จากตารางจะเห็นได้ว่าน้ำหนักองค์ประกอบปัจจัยโดยส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่า .500 โดยทั้งหมดจะมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัยอยู่ระหว่าง .505 - .886 (“ความสามารถของผู้จัดการโครงการ”เป็นปัจจัยเดียวที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบปัจจัยต่ำกว่า .500 โดยมีค่าเท่ากับ .464 แต่เนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญจึงยังให้คงไว้ในการศึกษา) ค่าของน้ำหนักองค์ประกอบปัจจัยเป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยนั้นๆ กับกลุ่มของปัจจัยที่ปัจจัยนั้นๆ ถูกจัดเข้าไปเป็นสมาชิก

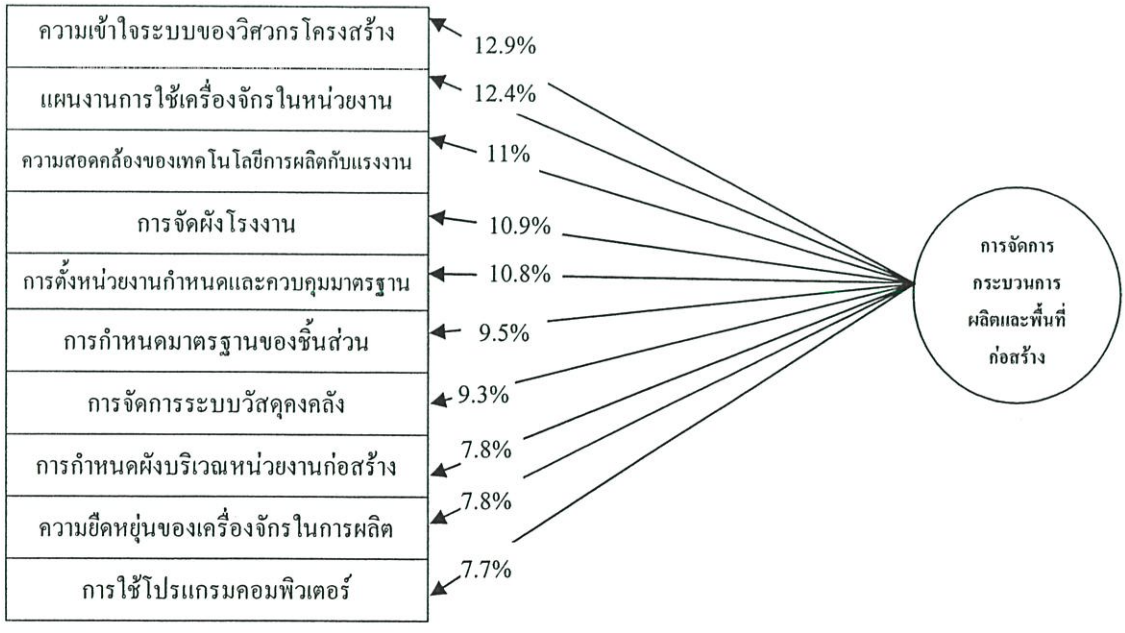
- การจัดกลุ่มปัจจัยและให้ความหมาย : จากการสกัดปัจจัยและการหมุนแกนปัจจัย การวิเคราะห์ข้อมูลจะให้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของแต่ละปัจจัยดังตารางที่ 6.11 ในขั้นตอนนี้จะได้ดำเนินการจัดกลุ่มให้กับปัจจัยแต่ละปัจจัย โดยพิจารณาจากค่าน้ำหนักองค์ประกอบดังกล่าวว่าสัมพันธ์กับกลุ่มปัจจัยใดมากที่สุด แสดงว่าควรเป็นสมาชิกของกลุ่มปัจจัยนั้น [13] และเมื่อจัดกลุ่มให้กับปัจจัยครบทุกปัจจัยแล้วจึงทำการให้ความหมายหรือกำหนดชื่อให้กับกลุ่มปัจจัย โดยพิจารณา

ตารางที่ 6.11 แสดงน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัย ที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

	กลุ่มปัจจัย						
	1	2	3	4	5	6	7
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	.842						
แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน	.809						
ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน	.716						
การจัดผังโรงงาน	.712						
การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	.707						
การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน	.617						
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	.604						
การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง	.507						
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต	.507						
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	.505						
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย		.885					
การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน		.873					
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน		.695					
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร		.688					
การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน		.681					
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบในตลาด		.557					
ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน		.542					
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ		.526					
การกำหนดแผนงานหลัก			.876				
การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน			.739				
ประสิทธิภาพในการประชุม			.527				
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ			.464				
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต				.782			
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน				.777			
ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา				.748			
โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด				-.609			
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุกฝ่าย				.566			
การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง					.735		
การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา					.729		
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต					.724		
จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น						.886	
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง						.593	
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป						.570	
การกำหนดระยะเผื่อ							.786
การใช้ระบบพิกัดประสาน							.589

ตารางที่ 6.12 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัยด้านการจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง

รายละเอียดปัจจัย	น้ำหนักองค์ประกอบ	น้ำหนักเปรียบเทียบภายในกลุ่มปัจจัย
1. การจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง		
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	.842	12.9%
แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน	.809	12.4%
ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน	.716	11.0%
การจัดผังโรงงาน	.712	10.9%
การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	.707	10.8%
การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน	.617	9.5%
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	.604	9.3%
การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง	.507	7.8%
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต	.507	7.8%
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	.505	7.7%
ค่าไอเก่น (Eigenvalues) = 5.95 คิดเป็นร้อยละความแปรผัน = 16.99 (น้ำหนักเปรียบเทียบ = 22%)		

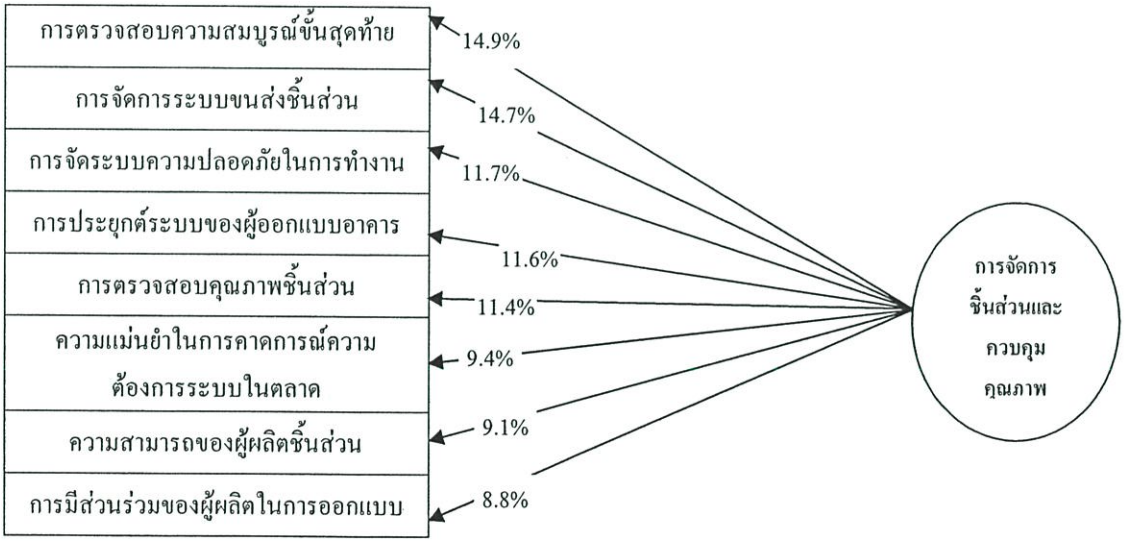


รูปที่ 6.2 ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มปัจจัยการจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง

ให้สอดคล้องกับปัจจัยที่เป็นสมาชิกของกลุ่มปัจจัยดังกล่าวทั้งหมด ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้สามารถจัดกลุ่มและให้ความหมายของปัจจัยได้ดังตารางที่ 6.12 – 6.18 และผังความสัมพันธ์ภายในของแต่ละกลุ่มปัจจัยแสดงไว้ดังรูปที่ 6.2 – 6.8

ตารางที่ 6.13 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัยด้านการจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ

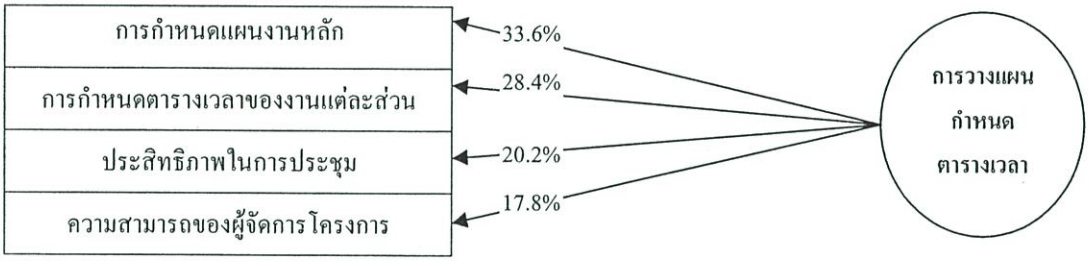
รายละเอียดปัจจัย	น้ำหนักองค์ประกอบ	น้ำหนักเปรียบเทียบภายในกลุ่มปัจจัย
2. การจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ		
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	.885	14.9%
การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน	.873	14.7%
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	.695	11.7%
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร	.688	11.6%
การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน	.681	11.4%
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบในตลาด	.557	9.4%
ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน	.542	9.1%
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	.526	8.8%
ค่าไอเกิ้น (Eigenvalues) = 5.32 คิดเป็นร้อยละความแปรผัน = 15.21 (น้ำหนักเปรียบเทียบ = 19%)		



รูปที่ 6.3 ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มปัจจัยการจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ

ตารางที่ 6.14 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัยด้านการวางแผน กำหนดตารางเวลาและการควบคุม

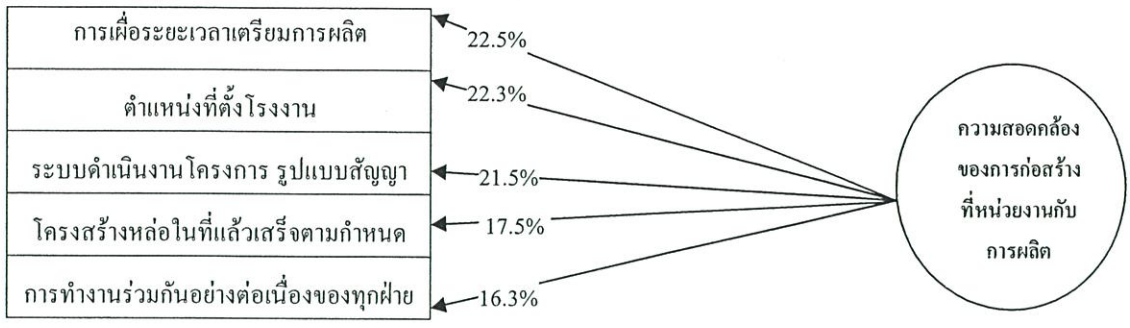
รายละเอียดปัจจัย	น้ำหนักองค์ประกอบ	น้ำหนักเปรียบเทียบภายในกลุ่มปัจจัย
3. การวางแผน กำหนดตารางเวลาและการควบคุม		
การกำหนดแผนงานหลัก	.876	33.6%
การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน	.739	28.4%
ประสิทธิภาพในการประชุม	.527	20.2%
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	.464	17.8%
ค่าไอเค่น (Eigenvalues) = 3.82 คิดเป็นร้อยละความแปรผัน = 10.92 (น้ำหนักเปรียบเทียบ = 14%)		



รูปที่ 6.4 ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มปัจจัยการวางแผน กำหนดตารางเวลาและการควบคุม

ตารางที่ 6.15 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัยด้านความสอดคล้องของการก่อสร้างที่หน่วยงานกับการผลิต

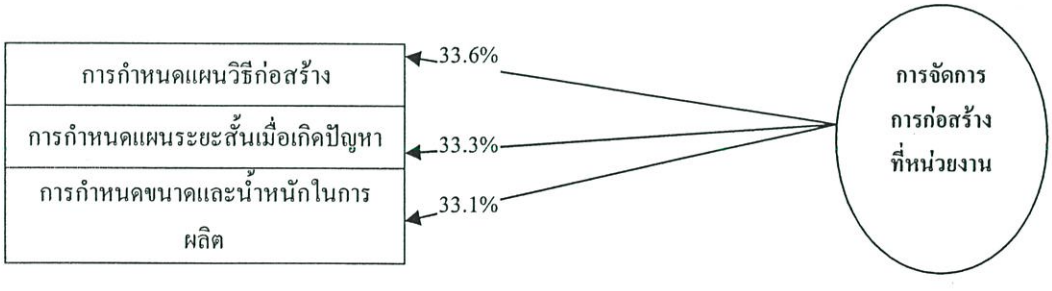
รายละเอียดปัจจัย	น้ำหนักองค์ประกอบ	น้ำหนักเปรียบเทียบภายในกลุ่มปัจจัย
4. ความสอดคล้องของการก่อสร้างที่หน่วยงานกับการผลิต		
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	.782	22.5%
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	.777	22.3%
ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา	.748	21.5%
โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด	-.609	17.5%
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุกฝ่าย	.566	16.3%
ค่าไอเค่น (Eigenvalues) = 3.62 คิดเป็นร้อยละความแปรผัน = 10.35 (น้ำหนักเปรียบเทียบ = 13%)		



รูปที่ 6.5 ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มปัจจัยความสอดคล้องของการก่อสร้างที่หน่วยงานกับการผลิต

ตารางที่ 6.16 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัยด้านการจัดการการก่อสร้างที่หน่วยงาน

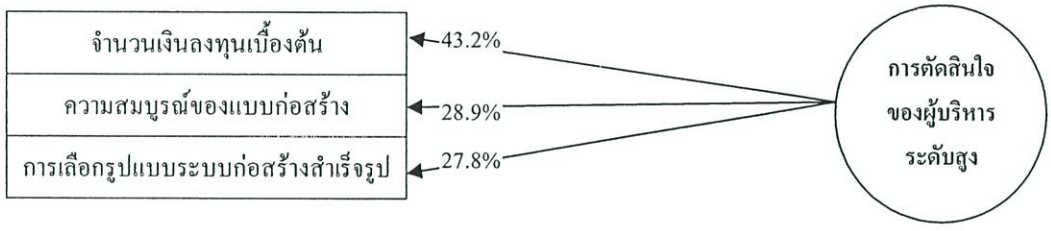
รายละเอียดปัจจัย	น้ำหนักองค์ประกอบ	น้ำหนักเปรียบเทียบภายในกลุ่มปัจจัย
5. การจัดการการก่อสร้างที่หน่วยงาน		
การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง	.735	33.6%
การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	.729	33.3%
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	.724	33.1%
ค่าไอเก้น (Eigenvalues) = 3.26 คิดเป็นร้อยละความแปรผัน = 9.31 (น้ำหนักเปรียบเทียบ = 12%)		



รูปที่ 6.6 ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มปัจจัยการจัดการการก่อสร้างที่หน่วยงาน

ตารางที่ 6.17 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัยด้านการตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง

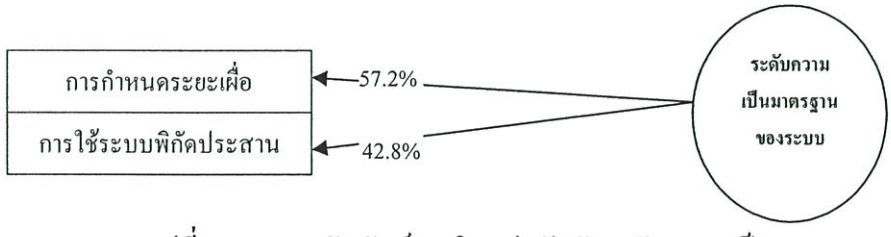
รายละเอียดปัจจัย	น้ำหนักองค์ประกอบ	น้ำหนักเปรียบเทียบภายในกลุ่มปัจจัย
6. การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง		
จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น	.886	43.2%
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	.593	28.9%
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป	.570	27.8%
ค่าไอเกิ่น (Eigenvalues) = 3.23 คิดเป็นร้อยละความแปรผัน = 9.21 (น้ำหนักเปรียบเทียบ = 12%)		



รูปที่ 6.7 ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มปัจจัยการตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง

ตารางที่ 6.18 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบของปัจจัยระดับความเป็นมาตรฐานของระบบ

รายละเอียดปัจจัย	น้ำหนักองค์ประกอบ	น้ำหนักเปรียบเทียบภายในกลุ่มปัจจัย
7. ระดับความเป็นมาตรฐานของระบบ		
การกำหนดระยะเผื่อ	.786	57.2%
การใช้ระบบพิกัดประสาน	.589	42.8%
ค่าไอเกิ่น (Eigenvalues) = 2.26 คิดเป็นร้อยละความแปรผัน = 6.46 (น้ำหนักเปรียบเทียบ = 8%)		



รูปที่ 6.8 ความสัมพันธ์ภายในกลุ่มปัจจัยระดับความเป็นมาตรฐานของระบบ

ตารางที่ 6.19 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มปัจจัย

Component	1	2	3	4	5	6	7
1	1.000	.000	-1.307E-16	-2.287E-16	-1.203E-16	-3.398E-16	.000
2	.000	1.000	.000	.000	.000	.000	.000
3	-1.307E-16	.000	1.000	.000	.000	.000	.000
4	-2.287E-16	.000	.000	1.000	.000	.000	.000
5	-1.203E-16	.000	.000	.000	1.000	.000	.000
6	-3.398E-16	.000	.000	.000	.000	1.000	.000
7	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.000

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

จากตารางที่ 6.19 แสดงการตรวจสอบความสัมพันธ์ของกลุ่มปัจจัยที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์ปัจจัย ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มปัจจัยทั้ง 7 กลุ่มปัจจัยมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อย หรือไม่มีความสัมพันธ์กัน แปลความหมายได้ว่ากลุ่มปัจจัยแต่ละกลุ่มมีความเป็นอิสระต่อกันจริง

6.8 สรุป

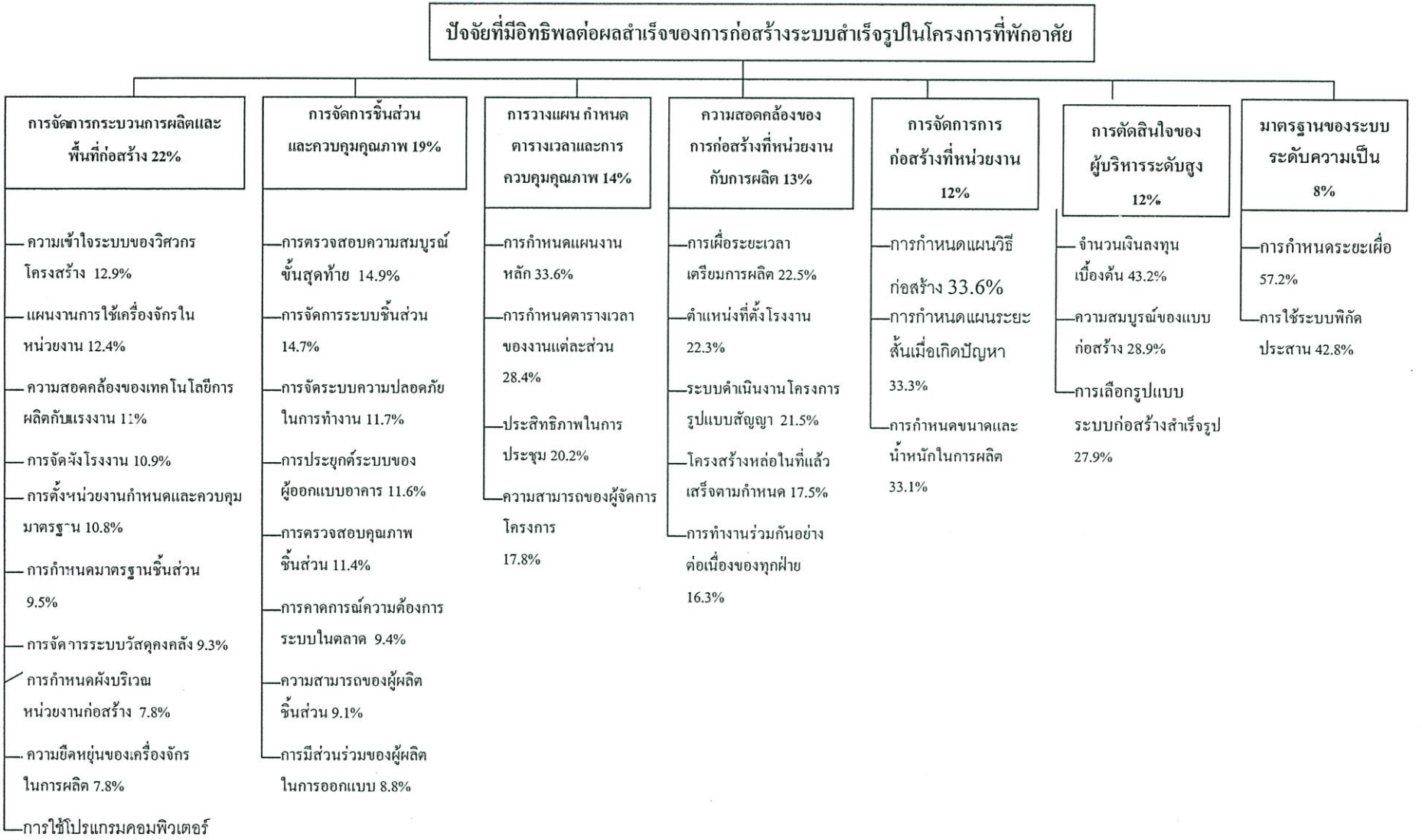
จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จำนวนทั้งสิ้น 87 ชุดข้อมูลและการให้ระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยจำนวน 35 ปัจจัย นำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติประกอบด้วย 1) การเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของปัจจัยทุกปัจจัย 2) การตรวจสอบความสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัย 3) การจัดกลุ่มปัจจัยโดยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นดังนี้

- จากการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของปัจจัยแต่ละปัจจัยพบว่า “การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน” “ความสามารถของผู้จัดการโครงการ” “การจัดผังโรงงาน” “การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง” และ “การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย” คือ 5 ปัจจัยที่มีค่าดัชนีระดับความสำคัญมากที่สุดตามลำดับ และ “ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง” “การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน” “ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง” “การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน” และ “การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต” เป็นปัจจัยที่มีค่าดัชนีระดับความสำคัญน้อยที่สุด 5 อันดับสุดท้าย

- จากการทดสอบความสัมพันธ์ของปัจจัยด้วยวิธี Spearman Rank Correlation เพื่อตรวจสอบความมีเหตุผลของปัจจัยที่พัฒนาขึ้นและตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลในการ

วิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ปัจจัย พบว่าปัจจัยทุกปัจจัยมีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นๆ มากที่สุด 5 อันดับแรก คือ "การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป" "การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์" "การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ" "การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง" และ "ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต" ในส่วนของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นน้อยที่สุด คือ "การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต" "การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต" "การกำหนดระยะเผื่อ" "การกำหนดแผนงานหลัก" และ "ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา" ตามลำดับ

- จากผลการวิเคราะห์ปัจจัย สามารถจัดกลุ่มปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยได้ทั้งสิ้น 7 กลุ่มปัจจัย ดังนี้ 1) "การจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง" ประกอบด้วยปัจจัย 10 ปัจจัย และมีน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัย 22% 2) "การจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ" ประกอบด้วยปัจจัย 8 ปัจจัย และมีน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัย 19% 3) "การวางแผน กำหนดตารางเวลาและการควบคุม" ประกอบด้วยปัจจัย 4 ปัจจัย และมีน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัย 14% 4) "ความสอดคล้องของการก่อสร้างที่หน่วยงานกับการผลิต" ประกอบด้วยปัจจัย 5 ปัจจัย และมีน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัย 13% 5) "การจัดการการก่อสร้างที่หน่วยงาน" ประกอบด้วยปัจจัย 3 ปัจจัย และมีน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัย 12% 6) "การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง" ประกอบด้วยปัจจัย 3 ปัจจัย และมีน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัย 12% 7) "ระดับความเป็นมาตรฐานของระบบ" ประกอบด้วยปัจจัย 2 ปัจจัย และมีน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัย 8% โครงสร้างของปัจจัยทั้งหมดและค่าน้ำหนักเปรียบเทียบภายในกลุ่มปัจจัยและระหว่างกลุ่มปัจจัยแสดงไว้ในรูปที่ 6.9



รูปที่ 6.9 แสดงโครงสร้างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยจากการวิเคราะห์ปัจจัย

บทที่ 7
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัย เรื่อง "ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย" มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโครงสร้างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยอย่างเป็นระบบ โดยมุ่งหวังว่าผลการจัดโครงสร้างจากการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการโครงการที่ใช้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ทั้งการวางแผน การจัดการทรัพยากรและการควบคุมคุณภาพในแต่ละขั้นตอน รวมทั้งเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาโครงสร้างของปัจจัยในอนาคต กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ประกอบด้วยผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ทั้ง เจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ ผู้รับเหมาและผู้ผลิตชิ้นส่วน ในอุตสาหกรรมก่อสร้างที่พักอาศัยในประเทศไทย โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีลักษณะเป็นแบบสอบถามเพื่อสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับระดับความสำคัญ ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป รวมทั้งสิ้น 35 ปัจจัย ซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มปัจจัย 7 กลุ่มปัจจัยดังนี้

1. การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง
2. การวางแผนและกำหนดตารางเวลา
3. ความชำนาญของผู้เกี่ยวข้อง
4. การสื่อสารและประสานงานของแต่ละฝ่าย
5. ระดับความเป็นมาตรฐาน
6. การจัดการชิ้นส่วน
7. การจัดการภาคสนาม

ลักษณะของแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเป็นแบบสอบถามที่วิเคราะห์โดยการแจกแจงความถี่ของข้อคำถามที่เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) แบ่งเป็น 5 ระดับ ตามแนวทางของลิเคิร์ท (Likert Rating Scale) รวมทั้งการหาค่าเฉลี่ย (Means) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

การศึกษาวิจัยนี้เริ่มจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการทั่วไป ต่อโครงการก่อสร้างและต่อการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป และศึกษากระบวนการก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปจากตำรา เอกสารทางวิชาการและวิทยานิพนธ์จากต่างประเทศและในประเทศ จากนั้นจึงดำเนินการรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้องและจัดวางโครงสร้างบนพื้นฐานทฤษฎีระบบหลายลำดับชั้น โดยอาศัยลำดับขั้นตอนกระบวนการของโครงการเป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่มปัจจัยที่ได้ จากนั้นนำโครงสร้างปัจจัยที่ได้มาแปลงเป็นแบบสอบถามเพื่อรวบรวมข้อมูล

ทั้งนี้แบบสอบถามได้รับการทดสอบและให้คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญในด้านการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปจำนวน 3 ท่านก่อนใช้เก็บข้อมูลจริง จากแบบสอบถามที่ได้ส่งให้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 ชุด ได้รับแบบสอบถามที่สมบูรณ์กลับมาจำนวน 87 ชุด คิดเป็นร้อยละ 87 จากข้อมูลที่ได้สามารถนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปได้ดังนี้

- เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญของปัจจัยทั้ง 35 ปัจจัย พบว่าค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญมีค่าอยู่ระหว่าง 3.78 - 4.69 ซึ่งเป็นระดับความสำคัญที่สูงกว่าค่าระดับปานกลางทั้งสิ้น นั่นคือสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยทั้ง 35 ปัจจัยมีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

- จากการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของปัจจัยทั้งสิ้น 35 ปัจจัยพบว่า "การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน" "ความสามารถของผู้จัดการโครงการ" "การจัดผังโรงงาน" "การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง" และ "การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย" คือ 5 ปัจจัยที่มีค่าดัชนีระดับความสำคัญมากที่สุดตามลำดับ และ "ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง" "การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน" "ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง" "การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน" และ "การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต" เป็นปัจจัยที่มีค่าดัชนีระดับความสำคัญน้อยที่สุด 5 อันดับสุดท้าย โดยกรณีที่ปัจจัย "การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน" เป็นปัจจัยที่มีดัชนีระดับความสำคัญสูงสุด สอดคล้องกับความเห็นของ Pheng และ Chuan ที่ได้ให้คำแนะนำไว้ว่าชิ้นส่วนที่ถูกส่งกลับเนื่องจากคุณภาพต่ำจะส่งผลต่อกระบวนการผลิตและแผนงานการผลิตที่ได้จัดวางไว้จนโครงการอาจไม่ได้รับประโยชน์ในด้านระยะเวลาจากการใช้ระบบสำเร็จรูป เช่นเดียวกับ Richardson ที่ให้ความเห็นไว้ว่าชิ้นส่วนที่ไม่ได้ขนาดและรูปร่างตามกำหนดจะส่งผลต่อระยะเวลาในการติดตั้ง ทำให้งานอื่นที่ต่อเนื่องต้องล่าช้าตามไป นอกจากนั้นชิ้นส่วนที่ไม่ได้มาตรฐานยังส่งผลถึงงานตกแต่งผนังภายนอกและส่งผลถึงขนาดพื้นที่ว่างภายในอาคาร

- จากการทดสอบความสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัยด้วยวิธี Spearman Rank Correlation เพื่อตรวจสอบความมีเหตุผลของปัจจัยที่พัฒนาขึ้น และตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลในการวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์ปัจจัย พบว่าปัจจัยทุกปัจจัยมีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่พัฒนาขึ้น มีเหตุผลต่อการพิจารณาอิทธิพลที่มีต่อผลสำเร็จต่อการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย โดยปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นๆ มากที่สุด 5 อันดับแรก คือ "การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป" "การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์" "การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ" "การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง" และ "ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต" ในส่วนของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นน้อยที่สุด คือ "การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต" "การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต" "การกำหนดระยะเผื่อ" "การกำหนดแผนงานหลัก" และ "ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา" ตามลำดับ

- จากผลการวิเคราะห์ปัจจัย สามารถจัดกลุ่มปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยได้ทั้งสิ้น 7 กลุ่มปัจจัย สามารถให้ชื่อหรือความหมายกลุ่มปัจจัย และเรียงลำดับตามค่าน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัยได้ดังนี้

1) "การจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง" มีน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัย 22% ประกอบด้วยปัจจัย 10 ปัจจัย โดยรายละเอียดและน้ำหนักเปรียบเทียบภายในกลุ่มของแต่ละปัจจัย เป็นดังนี้

- ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง 12.9%
- แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน 12.4%
- ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน 11.0%
- การจัดผังโรงงาน 10.9%
- การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน 10.8%
- การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน 9.5%
- การจัดการระบบวัสดุคงคลัง 9.3%
- การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง 7.8%
- ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต 7.8%
- การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 7.7%

2) "การจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ" มีน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัย 19% ประกอบด้วยปัจจัย 8 ปัจจัย โดยรายละเอียดและน้ำหนักเปรียบเทียบภายในกลุ่มของแต่ละปัจจัย เป็นดังนี้

- การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย 14.9%
- การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน 14.7%
- การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน 11.7%
- การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร 11.6%
- การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน 11.4%
- ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบในตลาด 9.4%
- ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน 9.1%
- การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ 8.8%

3) "การวางแผน กำหนดตารางเวลาและการควบคุม" มีน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัย 14% ประกอบด้วยปัจจัย 4 ปัจจัย โดยรายละเอียดและน้ำหนักเปรียบเทียบภายในกลุ่มของแต่ละปัจจัย เป็นดังนี้

- การกำหนดแผนงานหลัก 33.6%
- การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน 28.4%
- ประสิทธิภาพในการประชุม 20.2%

- ความสามารถของผู้จัดการโครงการ 17.8%

4) **"ความสอดคล้องของการก่อสร้างที่หน่วยงานกับการผลิต"** มีน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัย 13% ประกอบด้วยปัจจัย 5 ปัจจัย โดยรายละเอียดและน้ำหนักเปรียบเทียบภายในกลุ่มของแต่ละปัจจัย เป็นดังนี้

- การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต 22.5%
- ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน 22.3%
- ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา 21.5%
- โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด 17.5%
- การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุกฝ่าย 16.3%

5) **"การจัดการการก่อสร้างที่หน่วยงาน"** มีน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัย 12% ประกอบด้วยปัจจัย 3 ปัจจัย โดยรายละเอียดและน้ำหนักเปรียบเทียบภายในกลุ่มของแต่ละปัจจัย เป็นดังนี้

- การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง 33.6%
- การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา 33.3%
- การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต 33.1%

6) **"การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง"** มีน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัย 12% ประกอบด้วยปัจจัย 3 ปัจจัย โดยรายละเอียดและน้ำหนักเปรียบเทียบภายในกลุ่มของแต่ละปัจจัย เป็นดังนี้

- จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น 43.2%
- ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง 28.9%
- การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป 27.8%

7) **"ระดับความเป็นมาตรฐานของระบบ"** มีน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัย 8% ประกอบด้วยปัจจัย 2 ปัจจัย โดยรายละเอียดและน้ำหนักเปรียบเทียบภายในกลุ่มของแต่ละปัจจัย เป็นดังนี้

- การกำหนดระยะเผื่อ 57.2%
- การใช้ระบบพิกัดประสาน 42.8%

- ขั้นตอนของกระบวนการศึกษาและขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสถิติสามารถสรุปได้ดังผังที่แสดงไว้ในรูปที่ 7.1 และ 7.2

7.2 ข้อเสนอแนะ

- ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

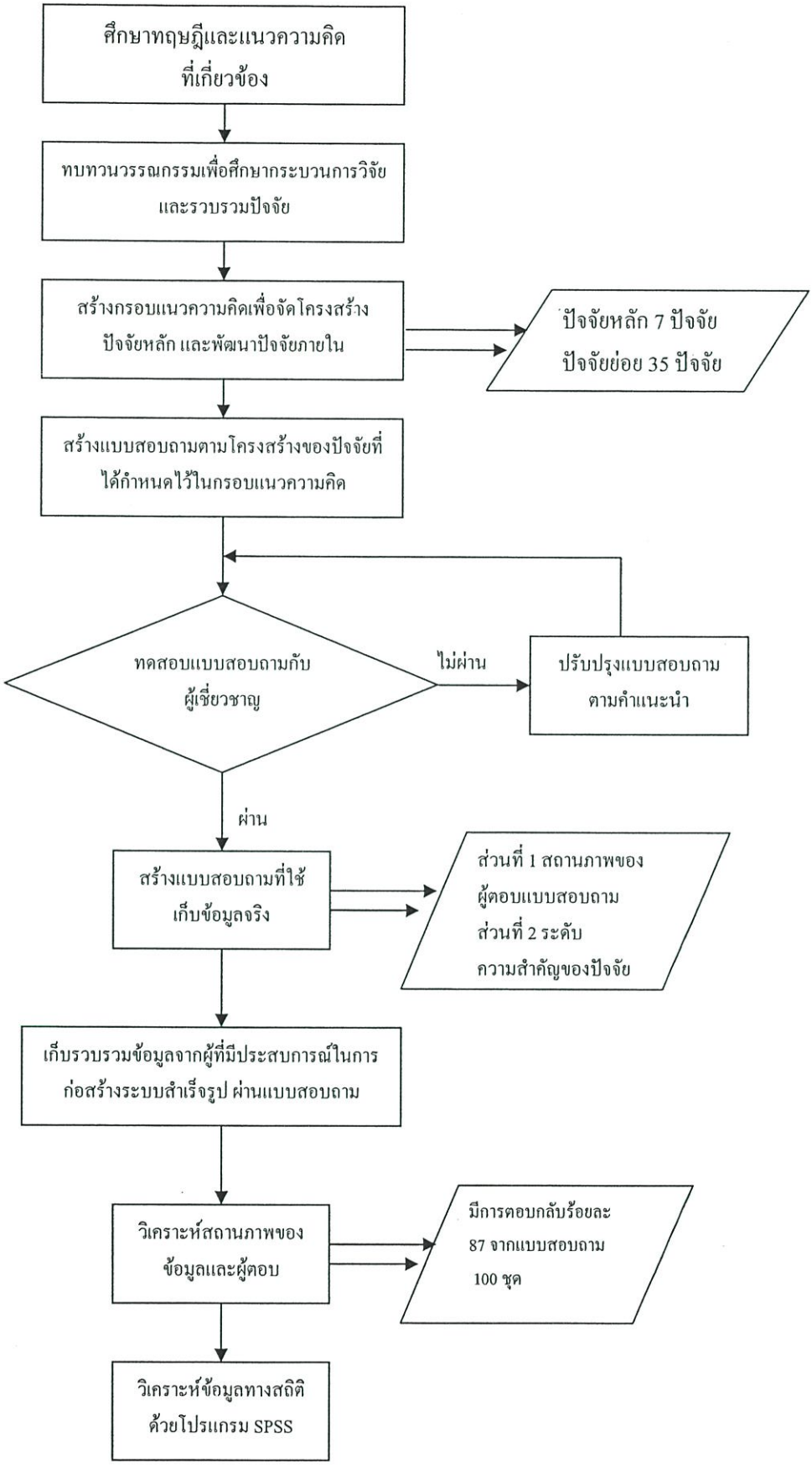
ในการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นที่ผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย เฉพาะส่วนของระบบการก่อสร้างเป็นหลัก ผู้สนใจในการทำวิจัยต่อไปสามารถขยายขอบเขตของการวิจัยให้ครอบคลุมถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของทั้งโครงการ ซึ่งจะมีปัจจัยด้านอื่นๆ ที่สำคัญเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่นปัจจัยทางการตลาด ปัจจัยภายนอก เป็นต้น

ผู้สนใจในการทำงานวิจัยควรทำการวิจัยเชิงคุณภาพเฉพาะด้านเพิ่มเติมเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญหรือมีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในระดับสูง เช่นงานจุดเชื่อมต่อของชิ้นส่วนกับการใช้งานในประเทศไทย หรืองานบำรุงรักษาอาคารในระยะยาว และด้านของแรงงาน เป็นต้น

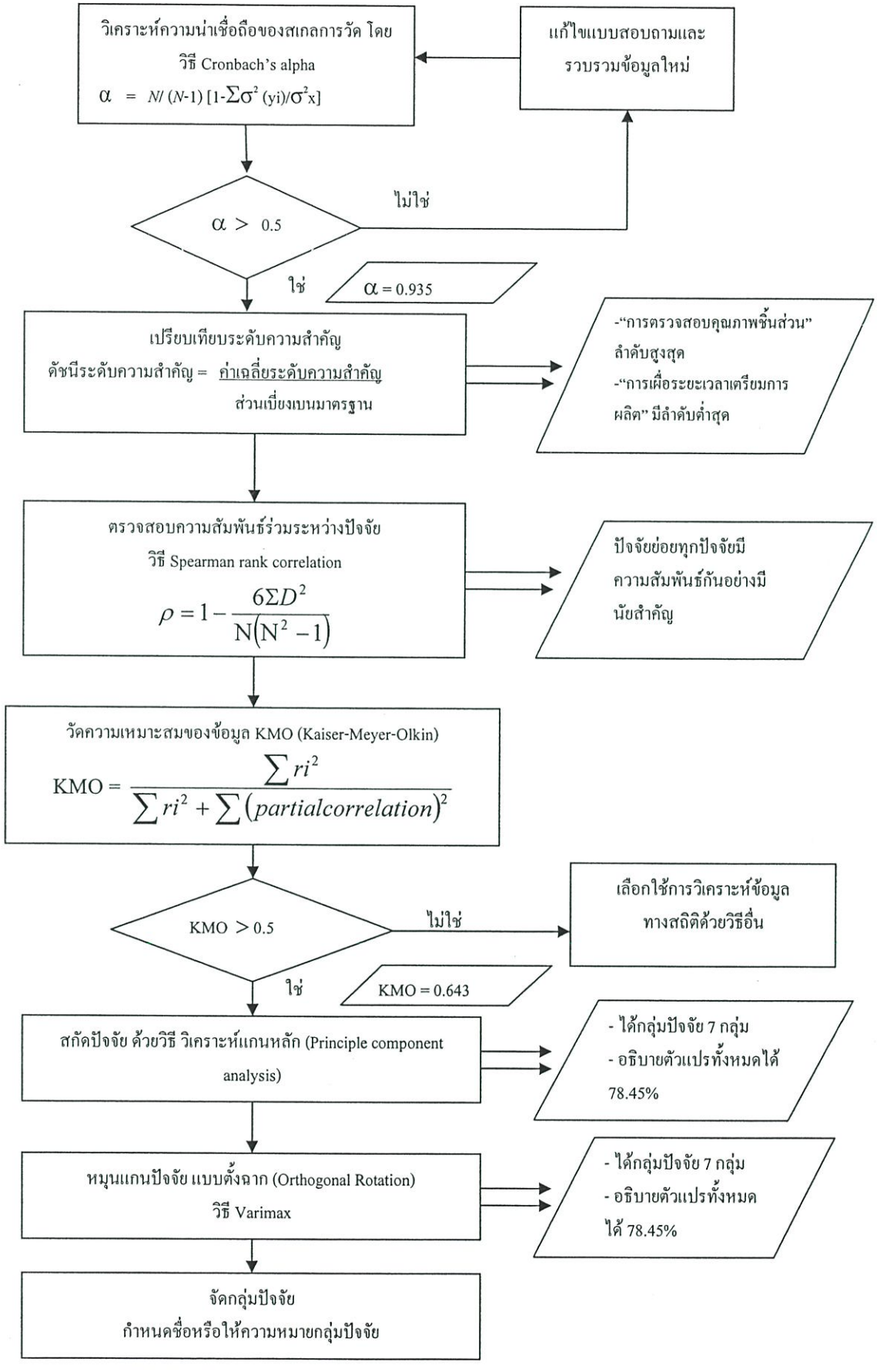
ผู้สนใจในการทำงานวิจัยควรมีการทดสอบหรือศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาความเหมาะสมในการเลือกใช้ค่าในการเปรียบเทียบระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยระหว่างค่าที่ได้จาก ค่าดัชนีระดับความสำคัญและค่าที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์ปัจจัย

ผู้สนใจในการทำงานวิจัยเกี่ยวกับผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยสามารถนำปัจจัยจากการวิจัยครั้งนี้ไปทดสอบกับโครงการที่ก่อสร้างจริงพร้อมรวบรวมข้อมูลด้านผลสำเร็จของโครงการ เพื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลสำเร็จของโครงการกับโครงสร้างปัจจัยที่นำเสนอและพัฒนาเป็นแบบจำลองเพื่อประเมินผลสำเร็จของโครงการที่ใช้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปต่อไป

การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปยังได้รับการประยุกต์ใช้ในโครงการด้านอื่นๆ อีกหลายด้าน เช่น งานชิ้นส่วนโครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้า งานชิ้นส่วนทางด่วน งานชิ้นส่วนสะพาน งานชิ้นส่วนบ่อบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น จึงควรทำการศึกษาวิจัยให้ครอบคลุมทุกด้าน และรวบรวมเพื่อเป็นคู่มือในการบริหารจัดการการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปอย่างสมบูรณ์



รูปที่ 7.1 แสดงผังสรุปขั้นตอนของกระบวนการในการศึกษา



รูปที่ 7.2 แสดงผังสรุปกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษา

- ข้อเสนอแนะสำหรับอุตสาหกรรมการก่อสร้าง

จากโครงสร้างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จต่อการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยที่ได้พัฒนาขึ้นมาจากการวิจัย ตัวโครงสร้างควรได้รับการทดสอบในอุตสาหกรรมการก่อสร้างที่กว้างขวางขึ้น เพื่อพัฒนาเป็นโครงสร้างปัจจัยที่เป็นมาตรฐานสำหรับผู้เกี่ยวข้องได้ใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงในการบริหารจัดการโครงการที่ใช้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป เพื่อให้โครงการมีโอกาสประสบผลสำเร็จได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] ผู้จัดการ. 2548. **ผู้นำจัดสรรชูระบบก่อสร้างสำเร็จรูป กันความเสี่ยงยุคเศรษฐกิจผันผวน.** [Online]. Available : http://www.gotomanager.com

[2] ฐานเศรษฐกิจ. 2550. **กานดาค่อยๆโตเปิด 4 ทำเล 2 พันล้าน.** [Online]. Available : http://www.thannews.th.com

[3] Richardson, J. G. 1973. **Precast Concrete Production.** UK : Cement and Concrete Association.

[4] Sacks, R., Eastman, C. M. and Lee, G. 2004. "Process Model Perspectives on Management and Engineering Procedures in the Precast/Prestressed Concrete Industry." **Journal of Construction Engineering and Management**. Vol. 130, No. 2 : Page 206-215.

[5] Tam, W. Y., Tam, C. M., Zeng, S. X. and Ng, C. Y. 2007. "Towards Adoption of Prefabrication in Construction." **Building and Environment.** Vol. 42 : Page 3642-3654.

[6] Pongpeng, J. 2002. "Multicriteria and Multidecision makers in tender evaluation." Unpublished Ph.D. Thesis, School of Civil Engineering, Queensland University of Technology.

[7] มามี โตบารมีกุล. 2540. "การศึกษาระบบการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[8] Warszawski, A. 1990. **Industrialization and Robotics in Building.** New York : Harper & Row.

[9] ไตรรัตน์ จารุทัศน์. 2535. "ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมสำหรับที่พักอาศัยของผู้มีรายได้ปานกลาง ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล" วิทยานิพนธ์เคหพัฒนศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคหการ บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[10] Lewicki, B. 1966. **Building with Large Prefabricates.** Amsterdam : Elsevier .

[11] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2548. **การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows.** ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ธรรมสาร.

[12] สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์ และ กรรณิการ์ สุขเกษม. 2537. **เทคนิคทางสถิติชั้นสูงสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล.** กรุงเทพฯ : สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[13] ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2547. **การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์.** ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[14] วิสูตร จิระดำเกิง. 2546. **การปรับปรุงผลผลิตงานก่อสร้าง.** กรุงเทพฯ : วรรณกวี.

[15] Parfitt, M. K. and Sanvido, V. E. 1993. "Checklist of Critical Success Factors for Building Projects." **Journal of Management in Engineering**. Vol. 9, No. 3 : Page 243-249.

[16] Hayfield, F. 1985. "Project Success and Failure." **Project Management Internet 85.** Elseveir Science of Publication.

[17] Schultz, R. C. et. al. 1987. "Strategy and Tactics in a Process Model of Project Implementation." **Interface.** 17(3). Page 34-46.

[18] Pinto, J. K., and Prescott, J. E. 1988. "Variations in Critical Success Factors over the Stages in the Project Cycle." **Journal of Management**. Vol. 13 : Page 5-18.

[19] Pinto, J. K., and Slevin, D. P. 1989. "Critical Factors in R&D Projects." **Res. Technol Management**. January-February : Page 31-35.

[20] Morris, P. W. G. and Hough, G. H. 1987. **The Anatomy of ajor Projects : A Study of the Reality of Project Management.** New York : Wiley.

[21] Ashley, D. B. et. al. 1987. "Determinants of Construction Projects Success." **Project Management Journal**. 18(2) : Page 69-79.

[22] Jaselkis, E. and Ashley, D. B. 1988. "Achieving Construction Project Success Through Predictive Discrete Choice Models." 71-85. in **9th World Congress Project Management.** Glasgow : Association of Project Managers.

[23] Sanvido, V. et. al. 1992. "Critical Success Factors for Construction Projects." **Journal of Construction Engineering and Management**. Vol. 118, No. 1 : Page 94-111.

[24] Chua, D. K. H. et. al. 1997. "Neural Networks for Construction Project Success." **Expert System with Applications**. 13(4) : Page 317-328.

[25] Chua, D. K. H., Kog, Y. C. and Loh, P. K. 1999. "Critical Success Factors for Different Project Objectives." **Journal of Construction Engineering and Management**. Vol. 125, No. 3 : Page 142-1150.

[26] Chan, A.P.C., Scott, D. and Chan, A.P.L. 2004. "Factors Affecting the Success of a Construction Project." **Journal of Construction Engineering and Management**. January-February : Page 153-155.

[27] Toor, S. R. and Ogunlana, S. O. 2007. "Critical COMs of Success in Large-Scale Construction Projects : Evidence from Thailand Construction Industry." **International Journal of Project Management**. Article in press : Page 1-11.

[28] Poon, J., Potts, K. and Cooper, P. 2001. "Identification of Success Factors in the Construction Process." 1-11. in **Cobra 2001 Conference.** Glasgow : RICS Foundation.

[29] Black, C., Akintoye, A. and Fitzgerald, E. 2000. "An Analysis of Success Factors and Benefits of Partnering in Construction." **International Journal of Project Management**. Vol. 18 : Page 423-434.

[30] Cheng, E. W. L., Li, H. and Love, P. E. D. 2000. "Establishment of Critical Success Factors for Construction Partnering." **Journal of Management in Engineering**. Vol. 16, No. 2 : Page 84-92.

[31] Chan, A. P. C., Ho, D. C. K. and Tam, C. M. 2001. "Design and Build Project Success Factors : Multivariate Analysis." **Journal of Construction Engineering and Management**. Vol. 127, No. 2 : Page 93-100.

[32] Richardson, J. G. 1991. **Quality in Precast Concrete.** UK : Longman Scientific&Technical.

[33] Koskisto, O. J. and Ellingwood, B. R. 1997. "Reliability-Based Optimization of Plant Precast Concrete Structures." **Journal of Structural Engineering**. Vol. 123, No. 3 : Page 298-304.

[34] Slaughter, E. S., Sause, R. S. and Pessiki, S. 1997. "Precast Concrete Floor Framing Systems to Accommodate Nonstructural Requirements." **Journal of Architectural Engineering**. Vol. 3, No. 3 : Page 109-117.

[35] Arditi, D., Ergin, U. and Gunhan, S. 2000. "Factors Affecting the Use of Precast Concrete Systems." **Journal of Architectural Engineering.** Vol. 6, No. 3 : Page 79-86.

[36] Pheng, L. S. and Chuan, C. J. 2001. "Just-in-time management of precast concrete components." **Journal of Construction Engineering and Management**. Vol. 127, No. 6 : Page 494-501.

[37] Badir, Y. F., Kadir, M. R. A. and Hashim, A. H. 2002. "Industrialized Building Systems Construction in Malaysia." **Journal of Architectural Engineering**. Vol. 8, No. 1 : Page 19-23.

[38] Chan, W. T. and Hu, H. 2002. "Constraint Programming Approach to Precast Production Scheduling." **Journal of Construction Engineering and Management**. Vol. 128, No. 6 : Page 513-521.

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

[40] พนม ภัยหน่าย. 2543. **การบริหารงานก่อสร้าง.** ครั้งที่ 17. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[41] สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. 2546. **ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์.** ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ : เฟื่องฟ้า พริ้นติ้ง.

[42] Lehmann, D. R., 1989. **Market research and analysis**. 3rd ed. USA : Irwin

[43] Babbie, E. 1989. **The Practice of Social Research**. 5th ed. USA : Publishing.

[44] ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2537. **การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS.** ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[45] SPSS training. 1998. SPSS training series by IT services in 2001. Queensland University of Technology.

[46] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2548. **การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล.** ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : ธรรมสาร.

[47] Aaker, D. A., Kumar, V. and Day, G. S. 1998. **Market research**. USA : John Wiley and sons.

ภาคผนวก ก

แบบสอบถาม

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

Success Factors for Prefabrication System in Residential Projects

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจะถูกใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น และจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ ไม่มีทางเป็นไปได้ที่จะระบุหรืออ้างอิงถึงท่านผู้ตอบแบบสอบถามได้เลย หลังจากที่การศึกษานี้เสร็จสิ้นลง ข้อมูลที่ได้จากท่านจะถูกทำลายทันที การตอบแบบสอบถามนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน ใช้เวลาประมาณ 10-20 นาที

ขอบพระคุณอย่างสูงในการตอบแบบสอบถามของท่าน

ก. คุณสมบัติของท่านและองค์กร

คำแนะนำการตอบ: กรุณาเติมคำในช่องว่างและเขียน √ ใน ☐ ตามความเป็นจริง (อาจเขียน มากกว่า 1 แห่ง ถ้าเหมาะสม)

ขอทราบคุณสมบัติของท่านดังนี้

1. ตำแหน่งปัจจุบัน.....

2. หน้าที่ปัจจุบันของท่านเกี่ยวข้องกับ

☐ บริหารโครงการก่อสร้าง ☐ ออกแบบอาคาร ☐ ผลิตชิ้นส่วนและขนส่ง ☐ ก่อสร้างที่หน่วยงาน
☐ ติดตั้งชิ้นส่วน ☐ อื่นๆ .....

3 รูปแบบอาคารที่ท่านเคยมีประสบการณ์ (ในกรณีมีประสบการณ์เกี่ยวกับอาคารหลายรูปแบบ กรุณาเลือกรูปแบบที่มีประสบการณ์สูงที่สุด)

☐ ทาวน์เฮาส์, บ้านเดี่ยว ☐ อาคารชุด เช่น คอนโด แฟลต ☐ อื่น ๆ .....

4. รูปแบบของระบบก่อสร้างสำเร็จรูปที่ท่านเคยมีประสบการณ์ (ในกรณีมีประสบการณ์เกี่ยวกับระบบหลายรูปแบบ กรุณาเลือกรูปแบบที่มีประสบการณ์สูงที่สุด)

☐ เสา คาน พื้น สำเร็จรูป ☐ พื้น ผนังสำเร็จรูป
☐ ผนังรับน้ำหนัก ☐ อื่น ๆ .....

5. ปริมาณชิ้นส่วนสำเร็จรูปต่ออาคาร โดยเฉลี่ยจากโครงการที่ท่านเคยมีประสบการณ์ (เปรียบเทียบโดยมูลค่าด้านการเงิน)

☐ น้อยกว่าร้อยละ 50 ☐ ร้อยละ 50 – ร้อยละ 75 ☐ มากกว่าร้อยละ 75

6. ประเภทของธุรกิจขององค์กร (อาจเขียนมากกว่า 1 แห่ง ถ้าเหมาะสม)

☐ พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ☐ บริหารโครงการ ☐ ออกแบบอาคาร ☐ รับเหมาก่อสร้าง
☐ ผลิตชิ้นส่วน ☐ อื่นๆ .....

ข. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

<u>คำแนะนำการตอบ</u>: เพื่อแสดงทัศนคติหรือความคิดเห็นที่เกิดจากประสบการณ์ของท่านที่มีต่อปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย กรุณาเขียนวงกลม O รอบตัวเลข 1 – 5 ที่กำหนดให้เพียงหนึ่งตัวต่อหนึ่งปัจจัย โดยตัวเลขนี้หมายถึง

1 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยนั้น <u>ต่ำมาก</u> ต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป
2 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยนั้น <u>ต่ำ</u> ต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป
3 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยนั้น <u>ปานกลาง</u> ต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป
4 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยนั้น <u>สูง</u> ต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป
5 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยนั้น <u>สูงมาก</u> ต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

1. มีปัจจัยต่างๆ ดังแสดงข้างล่างนี้ ขอให้ท่านเลือกระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยของหน่วยงานของท่าน และขอทราบปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่ได้แสดงไว้แต่ท่านคิดว่ามีความสำคัญ ต่อผลสำเร็จของก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยของท่าน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จ ของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย	ระดับของความสำคัญ สูงมาก.....ต่ำมาก
1.1 การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง	
1.1.1 ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบสำเร็จรูปในตลาดก่อสร้างที่พักอาศัย	5 4 3 2 1
1.1.2 การเลือกรูปแบบของระบบก่อสร้างสำเร็จรูปสอดคล้องกับรูปแบบของโครงการและเหมาะสมกับหน่วยงาน	5 4 3 2 1
1.1.3 จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้นสำหรับระบบสำเร็จรูป	5 4 3 2 1
1.1.4 การกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานผลิตชิ้นส่วน (มีความเหมาะสมในด้านราคาที่ดิน ค่าแรงงานระยะทางจากโครงการ ระยะทางจากแหล่งวัตถุดิบ เป็นต้น)	5 4 3 2 1
1.1.5 การคัดเลือกผู้ออกแบบ ผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้ผลิตและรูปแบบการทำสัญญา	5 4 3 2 1
1.1.6 อื่นๆ โปรดระบุ.....	5 4 3 2 1

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จ ของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย	ระดับของความสำคัญ สูงมาก.....ต่ำมาก
1.2 การวางแผนและกำหนดตารางเวลา	
1.2.1 การวางแผนงานหลัก (ระยะเวลาและงบประมาณ) เป็นไปอย่างมีระบบและมีความเป็นไปได้จริง	5 4 3 2 1
1.2.2 การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน มีความสัมพันธ์กันและสอดคล้องกับแผนงานหลัก	5 4 3 2 1
1.2.3 การเผื่อระยะเวลาในการเตรียมการผลิตชิ้นส่วนอย่างเพียงพอ ก่อนเริ่มก่อสร้างโครงการ	5 4 3 2 1
1.2.4 การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	5 4 3 2 1
1.2.5 อื่นๆ โปรดระบุ.....	5 4 3 2 1
1.3 ความชำนาญของผู้เกี่ยวข้อง	
1.3.1 ความสามารถของผู้ออกแบบในการประยุกต์ระบบก่อสร้างสำเร็จรูปให้เกิดประโยชน์ได้สูงสุด	5 4 3 2 1
1.3.2 ความสามารถของวิศวกรโครงสร้างในการพิจารณารายละเอียดของชิ้นส่วนและจุดเชื่อมร่วมกับผู้ผลิต	5 4 3 2 1
1.3.3 ความสามารถของผู้ผลิตในการออกแบบชิ้นส่วนเป็นไปตามแบบก่อสร้างอาคารและสอดคล้องกับกระบวนการผลิต รวมถึงการควบคุมการผลิต	5 4 3 2 1
1.3.4 ความสามารถของผู้จัดการโครงการในการประสานและควบคุมงานทุกส่วนให้ดำเนินไปอย่างราบรื่นเป็นไปตามวัตถุประสงค์	5 4 3 2 1
1.3.5 อื่นๆ โปรดระบุ.....	5 4 3 2 1

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จ ของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย	ระดับความสำคัญ สูงมาก.....ต่ำมาก
1.4 การสื่อสารและการประสานงานของแต่ละฝ่าย	
1.4.1 การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องระหว่างเจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ ผู้รับเหมาก่อสร้างและผู้ผลิต	5 4 3 2 1
1.4.2 การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในช่วงเริ่มต้นกระบวนการออกแบบ	5 4 3 2 1
1.4.3 แบบก่อสร้างและรายละเอียดมีความสมบูรณ์ มีความขัดแย้งกันน้อย สื่อสารกับผู้ก่อสร้างและผู้ผลิตได้อย่างชัดเจน	5 4 3 2 1
1.4.4 ประสิทธิภาพในการประชุมร่วมระหว่างผู้ออกแบบ ผู้รับเหมาและผู้ผลิต	5 4 3 2 1
1.4.5 การใช้ประโยชน์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ	5 4 3 2 1
1.4.6 อื่นๆ โปรดระบุ.....	5 4 3 2 1
1.5 ระดับความเป็นมาตรฐาน	
1.5.1 การใช้ระบบพิกัดประสาน (Modular Coordination) อ้างอิงในการออกแบบและการผลิต	5 4 3 2 1
1.5.2 การกำหนดระยะเผื่อ (Tolerance) สอดคล้องกับการทำงานจริง ทั้งในขั้นตอนการผลิตและการติดตั้ง	5 4 3 2 1
1.5.3 การตั้งหน่วยงานเพื่อกำหนดมาตรฐานการผลิต (ขนาดและคุณภาพ) และการตรวจสอบคุณภาพเพื่อออกเอกสารรับรอง	5 4 3 2 1
1.5.4 การกำหนดขนาดมาตรฐานในการผลิตชิ้นส่วนแต่ละรูปแบบ (เช่น ผนังภายนอก ผนังภายใน บันได พื้น)	5 4 3 2 1
1.5.5 อื่นๆ โปรดระบุ.....	5 4 3 2 1

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จ ของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย	ระดับของความสำคัญ สูงมาก.....ต่ำมาก
1.6 การจัดการชิ้นส่วน	
1.6.1 การกำหนดขนาดและน้ำหนักของชิ้นส่วนสอดคล้องกับความสามารถในการผลิต การจัดเก็บและการขนส่ง	5 4 3 2 1
1.6.2 การกำหนดตำแหน่งและเลือกใช้เครื่องจักรที่มีความยืดหยุ่นในการใช้งานได้หลายประเภท	5 4 3 2 1
1.6.3 ความสัมพันธ์กันระหว่างระดับความยากง่ายของเทคโนโลยีการผลิตกับความสามารถในการพัฒนาของแรงงาน	5 4 3 2 1
1.6.4 การจัดผังโรงงาน (Plant Layout) ให้เกิดความสะดวกในการผลิตและการขนย้าย เพื่อเพิ่มอัตราผลผลิตของโรงงาน	5 4 3 2 1
1.6.5 การตรวจสอบคุณภาพในการผลิตชิ้นส่วนในด้านของขนาด ความแข็งแรงและการรับรองจากผู้เชี่ยวชาญ	5 4 3 2 1
1.6.6 การจัดระบบขนส่งชิ้นส่วนสู่หน่วยงาน (วิธีการ เส้นทาง เครื่องจักร ค่าใช้จ่ายระยะเวลา)	5 4 3 2 1
1.6.7 อื่นๆ โปรดระบุ.....	5 4 3 2 1
1.7 การจัดการภาคสนาม	
1.7.1 การกำหนดแผนวิธีการก่อสร้าง (Method Statement) ที่ชัดเจนและสามารถสื่อสารได้ทุกระดับ	5 4 3 2 1
1.7.2 การกำหนดผังบริเวณ (Site Layout) ภายในหน่วยงาน สอดคล้องกับรูปแบบอาคาร ขนาดพื้นที่ของโครงการและขนาดชิ้นส่วน	5 4 3 2 1
1.7.3 การจัดการระบบวัสดุคงคลัง (เช่น การสั่งชิ้นส่วนเข้าหน่วยงานและจัดเก็บชิ้นส่วน)	5 4 3 2 1

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จ ของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย	ระดับของความสำคัญ สูงมาก.....ต่ำมาก
1.7.4 การก่อสร้างโครงสร้างหล่อในที่ แล้วเสร็จตามกำหนดติดตั้งชิ้นส่วนในแต่ละตำแหน่ง	5 4 3 2 1
1.7.5 การเลือกชนิดของเครื่องจักรและการกำหนดแผนงานการใช้งาน	5 4 3 2 1
1.7.6 การจัดการระบบความปลอดภัยในการก่อสร้างโดยเฉพาะการติดตั้งชิ้นส่วน	5 4 3 2 1
1.7.7 การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	5 4 3 2 1
1.7.8 อื่นๆ โปรดระบุ.....	5 4 3 2 1

ภาคผนวก ข

ตารางความสัมพันธ์ของการให้ระดับความสำคัญของปัจจัย ของผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละกลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA)

ตารางที่ ข.1 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งปัจจุบันกับค่าระดับความสำคัญของปัจจัย

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการ	.440	4	.110	.249	.910
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้าง	4.699	4	1.175	2.328	.063
จำนวนเงินลงทุน	1.109	4	.277	.657	.624
ที่ตั้งโรงงาน	1.999	4	.500	.832	.509
ระบบดำเนินการ รูปแบบสัญญา	3.902	4	.975	1.934	.113
การกำหนดแผนงานหลัก	4.678	4	1.169	3.455	.012
การกำหนดตารางเวลาของแต่ละส่วน	5.024	4	1.256	3.141	.019
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	2.424	4	.606	.726	.577
แผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	8.534	4	2.134	4.387	.003**
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบ	1.659	4	.415	1.128	.349
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	1.456	4	.364	.516	.724
ความสามารถของผู้ผลิต	1.082	4	.271	.628	.644
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	3.108	4	.777	3.509	.011
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่อง	5.675	4	1.419	2.854	.029
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	8.451	4	2.113	4.512	.002**
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	9.365	4	2.341	3.101	.020
ประสิทธิภาพในการประชุมร่วม	3.765	4	.941	1.659	.167
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	2.530	4	.633	1.057	.383
การใช้ระบบพิกัดประสาน	1.592	4	.398	.648	.630
การกำหนดระยะเผื่อ	.562	4	.141	.327	.859
หน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	2.181	4	.545	.755	.558
การกำหนดขนาดมาตรฐานแต่ละชิ้นส่วน	1.363	4	.341	.466	.760
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	1.539	4	.385	.922	.455
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักร	5.611	4	1.403	2.818	.030
เทคโนโลยีกับความสามารถของแรงงาน	2.198	4	.549	1.434	.230
ผังโรงงาน	1.200	4	.300	1.377	.249
การตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วน	2.644	4	.661	3.393	.013
การจัดการระบบขนส่ง	2.782	4	.696	1.842	.129
การกำหนดแผนวิธีการก่อสร้าง	6.019	4	1.505	4.670	.002**
การกำหนดผังบริเวณ	2.939	4	.735	2.768	.033
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	2.071	4	.518	1.082	.371
โครงสร้างหล่อในที่ แล้วเสร็จตามแผน	4.158	4	1.040	2.755	.033
แผนงานการใช้เครื่องจักร	4.623	4	1.156	2.223	.074
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	2.429	4	.607	1.097	.364
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	1.777	4	.444	1.207	.314

หมายเหตุ: (**) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ ข.2 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่รับผิดชอบกับค่าระดับความสำคัญของปัจจัย

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการ	.503	4	.126	.285	.887
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้าง	3.520	4	.880	1.696	.159
จำนวนเงินลงทุน	1.441	4	.360	.862	.491
ที่ตั้งโรงงาน	.323	4	.081	.130	.971
ระบบดำเนินการ รูปแบบสัญญา	3.608	4	.902	1.776	.142
การกำหนดแผนงานหลัก	1.709	4	.427	1.140	.343
การกำหนดตารางเวลาของแต่ละส่วน	5.826	4	1.456	3.733	.008**
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	6.892	4	1.723	2.209	.075
แผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	6.128	4	1.532	2.971	.024
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบ	1.387	4	.347	.935	.448
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	6.501	4	1.625	2.526	.047
ความสามารถของผู้ผลิต	.646	4	.162	.370	.829
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	2.751	4	.688	3.046	.022
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่อง	5.283	4	1.321	2.632	.040
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	5.785	4	1.446	2.888	.027
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	17.942	4	4.485	6.898	.000**
ประสิทธิภาพในการประชุมร่วม	9.065	4	2.266	4.509	.002**
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	1.487	4	.372	.608	.658
การใช้ระบบพิกัดประสาน	4.282	4	1.071	1.842	.129
การกำหนดระยะเผื่อ	2.917	4	.729	1.818	.133
หน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	4.291	4	1.073	1.540	.198
การกำหนดขนาดมาตรฐานแต่ละชิ้นส่วน	2.451	4	.613	.855	.495
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	1.105	4	.276	.654	.626
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักร	4.229	4	1.057	2.054	.094
เทคโนโลยีกับความสามารถของแรงงาน	2.540	4	.635	1.676	.163
ผังโรงงาน	1.039	4	.260	1.182	.325
การตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วน	1.227	4	.307	1.447	.226
การจัดการระบบขนส่ง	1.136	4	.284	.714	.585
การกำหนดแผนวิธีการก่อสร้าง	6.157	4	1.539	4.803	.002**
การกำหนดผังบริเวณ	2.661	4	.665	2.474	.051
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	4.976	4	1.244	2.806	.031
โครงสร้างหล่อในที่ แล้วเสร็จตามแผน	.824	4	.206	.493	.741
แผนงานการใช้เครื่องจักร	6.553	4	1.638	3.299	.015
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	.508	4	.127	.220	.927
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	2.424	4	.606	1.683	.162

หมายเหตุ: (**) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบโครงสร้างกับค่าระดับความสำคัญของปัจจัย

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการ	1.274	2	.637	1.509	.227
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้าง	.167	2	.083	.153	.859
จำนวนเงินลงทุน	.105	2	.053	.124	.883
ที่ตั้งโรงงาน	3.861	2	1.930	3.421	.037
ระบบดำเนินการ รูปแบบสัญญา	.352	2	.176	.329	.721
การกำหนดแผนงานหลัก	.199	2	.099	.259	.773
การกำหนดตารางเวลาของแต่ละส่วน	.145	2	.073	.162	.851
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	1.693	2	.847	1.028	.362
แผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	.173	2	.087	.151	.860
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบ	.145	2	.073	.193	.825
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	3.180	2	1.590	2.382	.099
ความสามารถของผู้ผลิต	1.274	2	.637	1.522	.224
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	.076	2	.038	.151	.860
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่อง	1.665	2	.832	1.562	.216
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	.780	2	.390	.711	.494
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	1.035	2	.517	.619	.541
ประสิทธิภาพในการประชุมร่วม	.386	2	.193	.325	.723
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	.781	2	.391	.646	.527
การใช้ระบบพิกัดประสาน	.568	2	.284	.464	.630
การกำหนดระยะเผื่อ	.545	2	.273	.649	.525
หน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	1.527	2	.763	1.071	.347
การกำหนดขนาดมาตรฐานแต่ละชิ้นส่วน	3.129	2	1.564	2.260	.111
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	1.037	2	.518	1.254	.291
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักร	2.667	2	1.333	2.559	.083
เทคโนโลยีกับความสามารถของแรงงาน	.643	2	.321	.819	.444
ผังโรงงาน	.572	2	.286	1.299	.278
การตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วน	.543	2	.271	1.261	.289
การจัดการระบบขนส่ง	1.335	2	.667	1.730	.184
การกำหนดแผนวิธีการก่อสร้าง	.058	2	.029	.076	.927
การกำหนดผังบริเวณ	.827	2	.413	1.453	.240
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	.008	2	.004	.008	.992
โครงสร้างหล่อในที่ แล้วเสร็จตามแผน	.100	2	.050	.120	.887
แผนงานการใช้เครื่องจักร	.123	2	.061	.109	.897
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	2.450	2	1.225	2.268	.110
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	1.002	2	.501	1.359	.262

หมายเหตุ: (**) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ ข.4 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของชิ้นส่วนกับค่าระดับความสำคัญของปัจจัย

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการ	1.241	2	.620	1.469	.236
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้าง	.162	2	.081	.148	.863
จำนวนเงินลงทุน	.386	2	.193	.458	.634
ที่ตั้งโรงงาน	5.198	2	2.599	4.739	.011
ระบบดำเนินการ รูปแบบสัญญา	.384	2	.192	.360	.699
การกำหนดแผนงานหลัก	.752	2	.376	.996	.374
การกำหนดตารางเวลาของแต่ละส่วน	1.062	2	.531	1.214	.302
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	3.530	2	1.765	2.202	.117
แผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	9.073	2	4.537	9.686	.000**
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบ	1.111	2	.555	1.520	.225
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	2.737	2	1.368	2.034	.137
ความสามารถของผู้ผลิต	2.094	2	1.047	2.561	.083
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	1.626	2	.813	3.477	.035
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่อง	2.332	2	1.166	2.220	.115
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	4.671	2	2.335	4.651	.012
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	.370	2	.185	.219	.803
ประสิทธิภาพในการประชุมร่วม	1.900	2	.950	1.649	.198
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	1.899	2	.949	1.605	.207
การใช้ระบบพิกัดประสาน	.764	2	.382	.627	.536
การกำหนดระยะเผื่อ	1.029	2	.514	1.242	.294
หน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	4.236	2	2.118	3.112	.050
การกำหนดขนาดมาตรฐานแต่ละชิ้นส่วน	1.401	2	.701	.983	.378
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	.660	2	.330	.791	.457
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักร	4.476	2	2.238	4.480	.014
เทคโนโลยีกับความสามารถของแรงงาน	1.160	2	.580	1.501	.229
ผังโรงงาน	.211	2	.105	.470	.627
การตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วน	.501	2	.250	1.161	.318
การจัดการระบบขนส่ง	.949	2	.474	1.215	.302
การกำหนดแผนวิธีการก่อสร้าง	2.983	2	1.491	4.253	.017
การกำหนดผังบริเวณ	.414	2	.207	.716	.492
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	.084	2	.042	.085	.918
โครงสร้างหล่อในที่ แล้วเสร็จตามแผน	.727	2	.364	.888	.415
แผนงานการใช้เครื่องจักร	.370	2	.185	.332	.719
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	.564	2	.282	.502	.607
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	2.533	2	1.267	3.616	.031

หมายเหตุ: (**) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ภาคผนวก ค

ตารางค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ร่วมแบบ Spearman Rank

ตารางที่ ค.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ร่วม Spearman Rank Correlation ของปัจจัย

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย	ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบในตลาด	การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป	จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น	ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	ระบบดำเนินงานโครงการรูปแบบสัญญา
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบในตลาด	1	.449**	.122	.402**	.087
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป	.449**	1	.674**	.264*	-.084
จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น	.122	.674**	1	.307**	-.003
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	.402**	.264*	.307**	1	.389**
ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา	.087	-.084	-.003	.389**	1
การกำหนดแผนงานหลัก	.253*	.433**	.018	.123	-.157
การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน	.203	.441**	.247*	.347**	.041
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	.374**	.087	.056	.552**	.684**
การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	.353**	.266*	-.054	.213*	.136
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร	.514**	.403**	.061	.230*	-.324**
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	.269*	.214*	-.046	.304**	.353**
ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน	.294**	.140	.017	.463**	-.025
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	.219*	.410**	.223*	.139	-.148
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุกฝ่าย	.179	.448**	.334**	.540**	.341**
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	.279**	.560**	.420**	.389**	-.023
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	.167	.614**	.552**	.111	.110
ประสิทธิภาพในการประชุม	.327**	.517**	.125	.223*	.244*
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	.383**	.562**	.277**	.089	-.074
การใช้ระบบพิกัดประสาน	.316**	.589**	.351**	-.098	.084
การกำหนดระยะเผื่อ	.319**	.355**	.226*	.147	.340**
การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	.235*	.377**	.242*	.377**	.300**
การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน	.075	.342**	.489**	.352**	.366**
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	-.096	.334**	.301**	-.305**	-.223*
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต	.249*	.503**	.427**	.450**	.175
ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน	.132	.232*	.078	.409**	.539**
การจัดผังโรงงาน	.305**	.484**	.219*	.367**	.154
การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน	.327**	.573**	.425**	.146	-.259*
การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน	.470**	.445**	.310**	.287**	-.229*
การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง	.340**	.510**	.194	-.073	-.131
การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง	.367**	.548**	.317**	.200	.056
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	.163	.619**	.442**	.014	.008
โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด	.165	.305**	-.074	-.393**	-.434**
แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน	.275**	.575**	.295**	.209	.146
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	.472**	.588**	.458**	.492**	.057
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	.461**	.475**	.297**	.226*	-.451**

หมายเหตุ: (*) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, (**) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย	การกำหนดแผนงานหลัก	การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน	การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบในตลาด	.253*	.203	.374**	.353**	.514**
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป	.433**	.441**	.087	.266*	.403**
จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น	.018	.247*	.056	-.054	.061
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	.123	.347**	.552**	.213*	.230*
ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา	-.157	.041	.684**	.136	-.324**
การกำหนดแผนงานหลัก	1	.590**	.142	.373**	.550**
การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน	.590**	1	.376**	.451**	.312**
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	.142	.376**	1	.320**	-.054
การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	.373**	.451**	.320**	1	.339**
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร	.550**	.312**	-.054	.339**	1
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	.022	.268*	.505**	.175	.062
ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน	.420**	.368**	.311**	.233*	.519**
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	.470**	.481**	-.157	.393**	1.00**
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุกฝ่าย	.381**	.549**	.462**	.439**	.130
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	.347**	.448**	.205	.552**	.437**
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	.291**	.457**	.222*	.228*	.162
ประสิทธิภาพในการประชุม	.459**	.531**	.403**	.505**	.279**
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	.403**	.323**	.171	.281**	.328**
การใช้ระบบพิกัดประสาน	.187	.135	.092	.072	.122
การกำหนดระยะเผื่อ	.020	-.059	.287**	.007	-.005
การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	-.088	.099	.328**	.212*	.062
การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน	.067	.139	.269*	-.066	.061
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	.033	.018	-.370**	.274*	-.011
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต	.169	.389**	.195	.405**	.295**
ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน	.054	.061	.484**	.201	.005
การจัดผังโรงงาน	.320**	.387**	.231*	.19	.341**
การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน	.156	.217*	-.245*	.311**	.401**
การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน	.094	.242*	-.033	.208	.538**
การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง	.353**	.362**	-.046	.600**	.426**
การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง	.403**	.433**	.273*	.314**	.543**
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	.209	.396**	.136	.246*	.129
โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด	.382**	.265*	-.263*	.320**	.439**
แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน	.128	.386**	.212*	.264*	.240*
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	.152	.232*	.187	.097	.483**
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	.243**	.256*	-.205	.347**	.624**

หมายเหตุ: (*) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, (**) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย	ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน	ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุก	การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบในตลาด	.269*	.294**	.219*	.179	.279**
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป	.214*	.140	.410**	.448**	.560**
จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น	-.046	.017	.223*	.334**	.420**
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	.304**	.463**	.139	.540**	.389**
ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา	.353**	-.025	-.148	.341**	-.023
การกำหนดแผนงานหลัก	.022	.420**	.470**	.381**	.347**
การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน	.268*	.368**	.481**	.549**	.448**
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	.505**	.311**	-.157	.462**	.205
การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	.175	.233*	.393**	.439**	.552**
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร	.062	.519**	.524**	.130	.437**
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	1	.215*	-.017	.241*	.169
ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน	.215*	1	.264*	.238*	.473**
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	-.017	.264*	1	.351**	.467**
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุกฝ่าย	.241*	.238*	.351**	1	.390**
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	.169	.473**	.467**	.390**	1
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	.327**	.176	.319**	.359**	.604**
ประสิทธิภาพในการประชุม	.470**	.176	.316**	.508**	.493**
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	.424**	.265*	.258*	.296**	.502**
การใช้ระบบพิกัดประสาน	.452**	-.007	.088	.116	.312**
การกำหนดระยะเผื่อ	.363**	.019	-.231*	.074	.192
การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	.660**	.086	-.069	.270*	.367**
การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน	.419**	.211*	.15	.312**	.334**
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	-.238*	-.357**	.228*	.011	.267*
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต	.382**	.281**	.530**	.393**	.696**
ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน	.628**	.251*	.012	.433**	.271*
การจัดผังโรงงาน	.581**	.378**	.338**	.447**	.363**
การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน	-.016	.185	.579**	.266*	.606**
การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน	.180	.374**	.384**	.138	.502**
การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง	.022	.042	.585**	.278**	.552**
การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง	.389**	.380**	.544**	.405**	.526**
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	.492**	-.060	.349**	.282**	.417**
โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด	.081	.053	.341**	-.102	.250*
แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน	.694**	.217*	.240*	.349**	.363**
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	.369**	.479**	.273*	.368**	.517**
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	-.118	.406**	.492**	.091	.606**

หมายเหตุ: (*) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, (**) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย	ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	ประสิทธิภาพในการประชุม	การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	การใช้ระบบพิกัดประสาน	การกำหนดระยะเผื่อ
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบในตลาด	.167	.327**	.383**	.316**	.319**
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป	.614**	.517**	.562**	.589**	.355**
จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น	.552**	.125	.277**	.351**	.226*
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	.111	.223*	.089	-.098	.147
ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา	.110	.244*	-.074	.084	.340**
การกำหนดแผนงานหลัก	.291**	.459**	.403**	.187	.020
การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน	.457**	.531**	.323**	.135	-.059
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	.222*	.403**	.171	.092	.287**
การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	.228*	.505**	.281**	.072	.007
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร	.162	.279**	.328**	.122	-.005
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	.327**	.470**	.424**	.452**	.363**
ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน	.176	.176	.265*	-.007	.019
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	.319**	.316**	.258*	.088	-.231*
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุกฝ่าย	.359**	.508**	.296**	.116	.074
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	.604**	.493**	.502**	.312**	.192
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	1	.629**	.568**	.642**	.370**
ประสิทธิภาพในการประชุม	.629**	1	.672**	.476**	.428**
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	.568**	.672**	1	.668**	.495**
การใช้ระบบพิกัดประสาน	.642**	.476**	.668**	1	.718**
การกำหนดระยะเผื่อ	.370**	.428**	.495**	.718**	1
การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	.406**	.519**	.469**	.546**	.592**
การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน	.609**	.336**	.488**	.551**	.463**
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	.239*	.116	.210	.386**	.242*
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต	.487**	.403**	.460**	.353**	.180
ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน	.245**	.383**	.282**	.303**	.379**
การจัดผังโรงงาน	.503**	.462**	.507**	.386**	.207
การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน	.425**	.210	.480**	.306**	.029
การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน	.205	.095	.408**	.182	.019
การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง	.519**	.583**	.476**	.407**	.196
การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง	.569**	.483**	.494**	.385**	.142
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	.669**	.570**	.606**	.583**	.355**
โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด	.174	.344**	.482**	.359**	.103
แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน	.616**	.602**	.558**	.624**	.420**
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	.439**	.262*	.397**	.482**	.311**
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	.165	.089	.299**	110	- 121

หมายเหตุ: (*) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, (**) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย	การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน	การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต	ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบในตลาด	.235*	.075	-.096	.249*	.132
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป	.377**	.342**	.334**	.503**	.232*
จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น	.242*	.489**	.301**	.427**	.078
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	.377**	.352**	-.305**	.450**	.409**
ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา	.300**	.366**	-.223*	.175	.539**
การกำหนดแผนงานหลัก	-.088	.067	.033	.169	.054
การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน	.099	.139	.018	.389**	.061
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	.328**	.269*	-.370**	.195	.484**
การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	.212*	-.066	.274*	.405**	.201
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร	.062	.061	-.011	.295**	.005
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	.660**	.419**	-.238*	.382**	.628**
ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน	.086	.211*	-.357**	.281**	.251*
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	-.069	.150	.228*	.530**	.012
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุกฝ่าย	.270*	.312**	.011	.393**	.433**
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	.367**	.334**	.267*	.696**	.271*
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	.406**	.609**	.239*	.487**	.245*
ประสิทธิภาพในการประชุม	.519**	.336**	.116	.403**	.383**
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	.469**	.488**	.210	.460**	.282**
การใช้ระบบพิกัดประสาน	.546**	.551**	.386**	.353**	.303**
การกำหนดระยะเผื่อ	.592**	.463**	.242*	.180	.379**
การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	1	.552**	.104	.486**	.605**
การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน	.552**	1	.086	.544**	.485**
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	.104	.086	1	.242*	-.132
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต	.486**	.544**	.242*	1	.512**
ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน	.605**	.485**	-.132	.512**	1
การจัดผังโรงงาน	.517**	.484**	-.150	.539**	.594**
การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน	.142	.251*	.401**	.584**	-.017
การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน	.283**	.177	.050	.578**	.072
การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง	.225*	.157	.532**	.478**	.024
การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง	.252*	.485**	-.027	.608**	.357**
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	.470**	.523**	.356**	.464**	.286**
โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด	.071	-.093	.401**	.151	-.159
แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน	.671**	.553**	.096	.490**	.527**
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	.515**	.529**	-.024	.594**	.412**
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	.065	-.026	.217*	.471**	-.181

หมายเหตุ: (*) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, (**) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย	การจัดผังโรงงาน	การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน	การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน	การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง	การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบในตลาด	.305**	.327**	.470**	.340**	.367**
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป	.484**	.573**	.445**	.510**	.548**
จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น	.219*	.425**	.310**	.194	.317**
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	.367**	.146	.287**	-.073	.200
ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา	.154	-.259*	-.229*	-.131	.056
การกำหนดแผนงานหลัก	.320**	.156	.094	.353**	.403**
การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน	.387**	.217*	.242*	.362**	.433**
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	.231*	-.245*	-.033	-.046	.273*
การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	.190	.311**	.208	.600**	.314**
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร	.341**	.401**	.538**	.426**	.543**
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	.581**	-.016	.180	.022	.389**
ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน	.378**	.185	.374**	.042	.380**
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	.338**	.579**	.384**	.585**	.544**
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุกฝ่าย	.447**	.266*	.138	.278**	.405**
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	.363**	.606**	.502**	.552**	.526**
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	.503**	.425**	.205	.519**	.569**
ประสิทธิภาพในการประชุม	.462**	.210	.095	.583**	.483**
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	.507**	.480**	.408**	.476**	.494**
การใช้ระบบพิกัดประสาน	.386**	.306**	.182	.407**	.385**
การกำหนดระยะเผื่อ	.207*	.029	.019	.196	.142
การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	.517**	.142	.283**	.225*	.252*
การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน	.484**	.251*	.177	.157	.485**
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	-.150	.401**	.050	.532**	-.027
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต	.539**	.584**	.578**	.478**	.608**
ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน	.594**	-.017	.072	.024	.357**
การจัดผังโรงงาน	1	.317**	.437**	.239*	.495**
การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน	.317**	1	.732**	.522**	.492**
การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน	.437**	.732**	1	.336**	.526**
การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง	.239*	.522**	.336**	1	.544**
การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง	.495**	.492**	.526**	.544**	1
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	.487**	.288**	.152	.482**	.490**
โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด	.092	.359**	.267*	.501**	.371**
แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน	.649**	.287**	.324**	.409**	.589**
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	.539**	.511**	.648**	.203	.536**
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	.191	.712**	.771**	.430**	.324**

หมายเหตุ: (*) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, (**) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย	การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด	แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน	การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบในตลาด	.163	.165	.275**	.472**	.461**
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป	.619**	.305**	.575**	.588**	.475**
จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น	.442**	-.074	.295**	.458**	.297**
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	.014	-.393**	.209	.492**	.226*
ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา	.008	-.434**	.146	.057	-.451**
การกำหนดแผนงานหลัก	.209	.382**	.128	.152	.243*
การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน	.396**	.265*	.386**	.232*	.256*
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	.136	-.263*	.212*	.187	-.205
การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	.246*	.320**	.264*	.097	.347**
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร	.129	.439**	.240*	.483**	.624**
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	.492**	.081	.694**	.369**	-.118
ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน	-.060	.053	.217*	.479**	.406**
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	.349**	.341**	.240*	.273*	.492**
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุกฝ่าย	.282**	-.102	.349**	.368**	.091
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	.417**	.250*	.363**	.517**	.606**
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	.669**	.174	.616**	.439**	.165
ประสิทธิภาพในการประชุม	.570**	.344**	.602**	.262*	.089
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	.606**	.482**	.558**	.397**	.299**
การใช้ระบบพิกัดประสาน	.583**	.359**	.624**	.482**	.110
การกำหนดระยะเผื่อ	.355**	.103	.420**	.311**	-.121
การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	.470**	.071	.671**	.515**	.065
การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน	.523**	-.093	.553**	.529**	-.026
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	.356**	.401**	.096	-.024	.217*
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต	.464**	.151	.490**	.594**	.471**
ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน	.286**	-.159	.527**	.412**	-.181
การจัดผังโรงงาน	.487**	.092	.649**	.539**	.191
การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน	.288**	.359**	.287**	.511**	.712**
การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน	.152	.267*	.324**	.648**	.771**
การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง	.482**	.501**	.409**	.203	.430**
การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง	.490**	.371**	.589**	.536**	.324**
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	1	.341**	.694**	.240*	.092
โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด	.341**	1	.302**	.033	.353**
แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน	.694**	.302**	1	.534**	.133
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	.240*	.033	.534**	1	.574**
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	.092	.353**	.133	.574**	1

หมายเหตุ: (*) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, (**) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ภาคผนวก ง
ผลการวิเคราะห์ปัจจัย

ตารางที่ ง.1 ค่าสัมประสิทธิ์ Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) และ Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.643
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	3428.334
	df	595
	Sig.	.000

ตารางที่ ง.2 แสดงผลการสกัดปัจจัย

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	11.937	34.105	34.105	11.937	34.105	34.105	5.947	16.992	16.992
2	4.827	13.793	47.897	4.827	13.793	47.897	5.324	15.211	32.203
3	3.377	9.649	57.546	3.377	9.649	57.546	3.821	10.919	43.121
4	2.489	7.112	64.659	2.489	7.112	64.659	3.621	10.345	53.466
5	1.968	5.624	70.283	1.968	5.624	70.283	3.257	9.305	62.771
6	1.509	4.310	74.593	1.509	4.310	74.593	3.228	9.223	71.994
7	1.352	3.862	78.454	1.352	3.862	78.454	2.261	6.461	78.454
8	.919	2.627	81.081						
9	.839	2.398	83.479						
10	.773	2.208	85.687						
11	.572	1.633	87.320						
12	.518	1.480	88.800						
13	.499	1.424	90.224						
14	.441	1.260	91.484						
15	.431	1.231	92.715						
16	.346	.987	93.702						
17	.300	.857	94.559						
18	.289	.825	95.384						
19	.238	.681	96.065						
20	.211	.601	96.666						
21	.182	.519	97.185						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

ตารางที่ ง.3 แสดงค่าน้ำหนักของปัจจัยก่อนการหมุนแกน

ปัจจัย	Component						
	1	2	3	4	5	6	7
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้าง	.787						
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักร	.771						-.366
การกำหนดผังบริเวณ	.764						
แผนงานการใช้เครื่องจักร	.759						
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	.755						
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	.748						
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	.739						
ประสิทธิภาพในการประชุมร่วม	.717			.485			
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	.715			-.507			
ผังโรงงาน	.702					-.322	
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	.678		-.466				
การใช้ระบบพิกัดประสาน	.632		-.579				
การกำหนดแผนวิธีการก่อสร้าง	.630	-.409					
การตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วน	.614	-.520		-.328			
หน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	.602	.482					
การกำหนดขนาดมาตรฐานแต่ละชิ้นส่วน	.595	.423					
การจัดการระบบขนส่ง	.582	-.373		-.462			
การกำหนดตารางเวลาของแต่ละส่วน	.570			.453			
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่อง	.556		.300		.444		
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	.534	-.501					
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบ	.519	-.478	.346		-.362		
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการ	.511				-.345	.413	.311
ระบบดำเนินการ รูปแบบสัญญา		.764					
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	.492	-.663		-.327			
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	.320	.643	.386				
เทคโนโลยีกับความสามารถของแรงงาน	.478	.637					-.311
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	.518	.574			-.377		
โครงสร้างหล่อในที่ แล้วเสร็จตามแผน	.356	-.527	-.346	.316	-.406		
การกำหนดระยะเผื่อ	.416	.435	-.433			.333	.348
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต		-.389	-.636		.328	.325	
ที่ตั้งโรงงาน	.422	.346	.634				
ความสามารถของผู้ผลิต	.419		.622				
การกำหนดแผนงานหลัก	.449			.525			.352
แผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	.490			.503		.483	
จำนวนเงินลงทุน	.486			-.431	.530		.336

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a 7 components extracted.

ตารางที่ ง.4 แสดงค่าน้ำหนักปัจจัยหลังการหมุนแกนหลัก

	Component						
	1	2	3	4	5	6	7
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	.842						
แผนงานการใช้เครื่องจักร	.809						
เทคโนโลยีกับความสามารถของแรงงาน	.716			.478			
ผังโรงงาน	.712	.309					
หน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	.707						.345
การกำหนดขนาดมาตรฐานแต่ละชิ้นส่วน	.617					.547	
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	.604				.335	.421	
การกำหนดผังบริเวณ	.507	.408	.443				
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักร	.507	.498			.389		
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	.505		.341				.413
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย		.885					
การจัดการระบบขนส่ง		.873					
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	.399	.695				.334	
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบ		.688	.487				
การตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วน		.681			.397	.369	
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการ		.557					.541
ความสามารถของผู้ผลิต		.542	.438				
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ		.526			.436		
การกำหนดแผนงานหลัก			.867				
การกำหนดตารางเวลาของแต่ละส่วน			.739				
ประสิทธิภาพในการประชุมร่วม	.482		.527		.410		.307
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ		.411	.464		.380		-.395
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต				.782			
ที่ตั้งโรงงาน		.406		.777			
ระบบดำเนินการ รูปแบบสัญญา		-.312		.748			
โครงสร้างหล่อในที่ แล้วเสร็จตามแผน			.355	-.609	.402		
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่อง			.423	.566			
การกำหนดแผนวิธีการก่อสร้าง			.326		.735		
แผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา			.349	.304	.729		
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต				-.324	.724	.373	
จำนวนเงินลงทุน						.886	
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	.465		.352			.593	
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้าง		.377	.346			.570	
การกำหนดระยะเผื่อ	.369						.786
การใช้ระบบพิกัดประสาน	.535					.385	.589

Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a Rotation converged in 12 iterations.

ตารางที่ ง.5 แสดงค่าความแปรผันของแต่ละกลุ่มปัจจัยและค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย

กลุ่มปัจจัยและปัจจัย	ร้อยละของความแปรผัน	น้ำหนักของปัจจัยหลังจากการหมุนแกน	น้ำหนักเปรียบเทียบของปัจจัย
1. การจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง	**16.99**		**22%**
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง		.842	12.9%
แผนงานการใช้เครื่องจักร		.809	12.4%
เทคโนโลยีกับความสามารถของแรงงาน		.716	11.0%
ผังโรงงาน		.712	10.9%
หน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน		.707	10.8%
การกำหนดขนาดมาตรฐานแต่ละชิ้นส่วน		.617	9.5%
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง		.604	9.3%
การกำหนดผังบริเวณ		.507	7.8%
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักร		.507	7.8%
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์		.505	7.7%
2. การจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ	**15.21**		**19%**
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย		.885	14.9%
การจัดการระบบขนส่ง		.873	14.7%
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน		.695	11.7%
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบ		.688	11.6%
การตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วน		.681	11.4%
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการ		.557	9.4%
ความสามารถของผู้ผลิต		.542	9.1%
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ		.526	8.8%
3. การวางแผน กำหนดตารางเวลาและการควบคุม	**10.92**		**14%**
การกำหนดแผนงานหลัก		.867	33.6%
การกำหนดตารางเวลาของแต่ละส่วน		.739	28.4%
ประสิทธิภาพในการประชุมร่วม		.527	20.2%
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ		.464	17.8%
4. ความสอดคล้องของการก่อสร้างที่หน่วยงานกับการผลิต	**10.35**		**13%**
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต		.782	22.5%
ที่ตั้งโรงงาน		.777	22.3%
ระบบดำเนินการ รูปแบบสัญญา		.748	21.5%
โครงสร้างหล่อในที่ แล้วเสร็จตามแผน		-.609	17.5%
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่อง		.566	16.3%
5. การจัดการการก่อสร้างที่หน่วยงาน	**9.31**		**12%**
การกำหนดแผนวิธีการก่อสร้าง		.735	33.6%
แผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา		.729	33.3%
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต		.724	33.1%
6. การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง	**9.21**		**12%**
จำนวนเงินลงทุน		.886	43.2%
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง		.593	28.9%
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้าง		.570	27.8%
7. ระดับความเป็นมาตรฐานของระบบ	**6.46**		**8%**
การกำหนดระยะเผื่อ		.786	57.2%
การใช้ระบบพิกัดประสาน		.589	42.8%
รวม	**78.45**		**100%**

ตารางที่ ง.6 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มปัจจัย

Component	1	2	3	4	5	6	7
1	1.000	.000	-1.307E-16	-2.287E-16	-1.203E-16	-3.398E-16	.000
2	.000	1.000	.000	.000	.000	.000	.000
3	-1.307E-16	.000	1.000	.000	.000	.000	.000
4	-2.287E-16	.000	.000	1.000	.000	.000	.000
5	-1.203E-16	.000	.000	.000	1.000	.000	.000
6	-3.398E-16	.000	.000	.000	.000	1.000	.000
7	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.000

Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Component Scores.

ภาคผนวก จ

การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของปัจจัยหลังการวิเคราะห์ปัจจัย

ตารางที่ จ.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของปัจจัยหลังการวิเคราะห์ปัจจัย

ปัจจัย	ตำแหน่งใหม่ของปัจจัย	
	กลุ่มปัจจัย	ลำดับ
1. การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง		
ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการระบบ	2. การจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ	6
การเลือกรูปแบบระบบก่อสร้างสำเร็จรูป	6. การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง	3
จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น	6. การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง	1
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	4. ความสอดคล้องของการก่อสร้างที่หน่วยงานกับการผลิต	2
ระบบดำเนินงานโครงการ รูปแบบสัญญา	4. ความสอดคล้องของการก่อสร้างที่หน่วยงานกับการผลิต	3
2. การวางแผนและกำหนดตารางเวลา		
การกำหนดแผนงานหลัก	3. การวางแผน กำหนดตารางเวลาและการควบคุม	1
การกำหนดตารางเวลาของงานแต่ละส่วน	3. การวางแผน กำหนดตารางเวลาและการควบคุม	2
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	4. ความสอดคล้องของการก่อสร้างที่หน่วยงานกับการผลิต	1
การกำหนดแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา	5. การจัดการการก่อสร้างที่หน่วยงาน	2
3. ความชำนาญของผู้เกี่ยวข้อง		
การประยุกต์ระบบของผู้ออกแบบอาคาร	2. การจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ	4
ความเข้าใจระบบของวิศวกรโครงสร้าง	1. การจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง	1
ความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน	2. การจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ	7
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	3. การวางแผน กำหนดตารางเวลาและการควบคุม	4
4. การสื่อสารและการประสานงาน		
การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของทุกฝ่าย	4. ความสอดคล้องของการก่อสร้างที่หน่วยงานกับการผลิต	5
การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตในการออกแบบ	2. การจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ	8
ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง	6. การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง	2
ประสิทธิภาพในการประชุม	3. การวางแผน กำหนดตารางเวลาและการควบคุม	3
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	1. การจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง	10
5. ระดับความเป็นมาตรฐาน		
การใช้ระบบพิกัดประสาน	7. ระดับความเป็นมาตรฐานของระบบ	2
การกำหนดระยะเผื่อ	7. ระดับความเป็นมาตรฐานของระบบ	1
การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน	1. การจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง	5
การกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วน	1. การจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง	6
6. การจัดการชิ้นส่วน		
การกำหนดขนาดและน้ำหนักในการผลิต	5. การจัดการการก่อสร้างที่หน่วยงาน	3
ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต	1. การจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง	9
ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับแรงงาน	1. การจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง	3
การจัดผังโรงงาน	1. การจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง	4
การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน	2. การจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ	5
การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วน	2. การจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ	2

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

ปัจจัย	ตำแหน่งใหม่ของปัจจัย	
	กลุ่มปัจจัย	ลำดับ
7. การจัดการภาคสนาม		
การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง	**5. การจัดการการก่อสร้างที่หน่วยงาน**	**1**
การกำหนดผังบริเวณหน่วยงานก่อสร้าง	**1. การจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง**	**8**
การจัดการระบบวัสดุคงคลัง	**1. การจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง**	**7**
โครงสร้างหล่อในที่แล้วเสร็จตามกำหนด	**4. ความสอดคล้องของการก่อสร้างที่หน่วยงานกับการผลิต**	**4**
แผนงานการใช้เครื่องจักรในหน่วยงาน	**1. การจัดการกระบวนการผลิตและพื้นที่ก่อสร้าง**	**2**
การจัดระบบความปลอดภัยในการทำงาน	**2. การจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ**	**3**
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	**2. การจัดการชิ้นส่วนและควบคุมคุณภาพ**	**1**

ภาคผนวก ฉ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 13
14-16 พฤษภาคม 2551
ณ โรงแรมจอมเทียน ปาล์ม บีช พัทยา

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

SUCCESS FACTORS FOR PREFABRICATION SYSTEMS IN RESIDENTIAL PROJECTS

เสกสรร เจริญสุข (Seksan Charoensuk)[1]
แดง เหรียญสุวรรณ (Dang Riensuwan)[2]

[1]นักศึกษาปริญญาโทสาขาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร <e-mail: seksan.jrs@gmail.com>
[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร<e-mail: krdang@kmitl.ac.th>

บทคัดย่อ: การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้มากขึ้นในโครงการที่พักอาศัย โดยมีเป้าหมายหลักที่การลดระยะเวลาในการก่อสร้าง การลดการพึ่งพาแรงงานคน และการยกระดับคุณภาพของการก่อสร้าง แต่ว่าในอุตสาหกรรมก่อสร้างไทยยังขาดแนวทางในการบริหารจัดการระบบสำเร็จรูปที่ชัดเจน ส่งผลให้เกิดปัญหาในการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป เช่น ความล่าช้าของโครงการ คุณภาพของชิ้นส่วนสำเร็จรูปต่ำ และค่าใช้จ่ายของโครงการเกินงบประมาณ ขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญของแนวทางดังกล่าวคือ การชี้ให้เห็นถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป แต่จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่านักวิจัยแต่ละคนได้แนะนำปัจจัยดังกล่าวที่แตกต่างกันสะท้อนให้เห็นถึงการขาดการพัฒนาปัจจัยที่เป็นระบบ งานวิจัยนี้จึงกำหนดวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป โดยสำรวจความคิดเห็นจากผู้ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปผ่านแบบสอบถามความคิดเห็นถึงระดับความมีอิทธิพลของแต่ละปัจจัย จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย และการจัดกลุ่มปัจจัยโดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัย จากผลการวิเคราะห์สามารถระบุปัจจัยได้ 8 ปัจจัยดังนี้ "การจัดการโรงงานผลิตชิ้นส่วน" "การออกแบบและจัดการชิ้นส่วน" "การวางแผนและกำหนดตารางเวลา" "การตรวจสอบคุณภาพและขนส่ง" "การบริหารจัดการที่หน่วยงาน" "ความชำนาญของผู้เกี่ยวข้อง" "การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง" และ "การกำหนดขนาดชิ้นส่วน" ซึ่งมีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป โดยการพัฒนากลุ่มปัจจัยดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาแนวทางในการบริหารจัดการระบบสำเร็จรูปต่อไป

ABSTRACT: Prefabrication systems have been used more in residential projects, which mainly aim at reducing construction time and labor force, and improving quality of work. Yet, in Thai construction industry, there appears lack of a clear guideline on managing prefabrication systems. This leads to various problems such as planned-schedule delays, *low* quality of prefabrication components, and cost overruns. An important step of the development of the guideline is identifying factors influencing prefabrication system success. However, from the literature, different researchers suggest different factors, reflecting lack of the development of systematic factors. Then, this research aim was to develop factors systematically in contributing to prefabrication system success. The research method was surveying opinions of residential-project participants experienced in using prefabrication systems about the degree of influence of factors that have on the prefabrication system success. Data analyses have been undertake to compare degree of influence and structure the factors by using the factor analysis method. The result suggests that all factors can be

classified into 8 groups: "production plant management", "design and component management", "planning and scheduling", "quality control and transportation", "site management", "expertise of participants", "top management decision" and "size and weight of component". This then help to develop a clear guideline on managing prefabrication systems.

KEYWORDS: Prefabrication system, Success factors, Factor analysis, Residential project

1. บทนำ

จากสภาพของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ในปัจจุบันที่ได้รับผลกระทบอย่างต่อเนื่องจากปัจจัยลบหลายด้านส่งผลให้ต้นทุนค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น รวมไปถึงปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่มีฝีมือ ผู้ประกอบการด้านโครงการที่พักอาศัยจึงหันมาใช้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปเพื่อให้สามารถพัฒนาโครงการได้ในช่วงเวลาสั้นลง ลดความเสี่ยงจากความผันผวนของตลาด [1] และลดต้นทุนการบริหารจัดการ ทั้งด้านงบประมาณ ระยะเวลาในการก่อสร้าง ขณะเดียวกันสามารถลดการพึ่งพาแรงงานและเพิ่มระดับคุณภาพความแข็งแรงของโครงสร้างได้ดีกว่าการก่อสร้างด้วยระบบเดิม [2, 3, 4] แต่ว่าในอุตสาหกรรมการก่อสร้างยังขาดแนวทางการบริหารจัดการการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปที่ชัดเจน ส่งผลให้เกิดปัญหาในการใช้งาน เช่น ความผิดพลาดในการประสานงาน คุณภาพของชิ้นส่วนสำเร็จรูปต่ำ ไม่สามารถลดค่าใช้จ่ายของโครงการได้ตามที่ผู้ประกอบการคาดหวังไว้ [4] นักวิจัยจึงพยายามสร้างแนวทางหรือคู่มือในการบริหารจัดการการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป เพื่อลดปัญหาดังกล่าว โดยการชี้ให้เห็นถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จ (success factor) ของระบบดังกล่าวถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญ Warszaski [5] ให้ความเห็นว่าการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปจำเป็นต้องใช้แนวทางเดียวกับระบบอุตสาหกรรม โดยมีหลักการสำคัญ 6 ข้อ คือการผลิตชิ้นส่วนจากโรงงานที่มีเครื่องจักรสำหรับการผลิตโดยเฉพาะ การกำหนดขนาดและรูปแบบที่เป็นมาตรฐาน และการผลิตในจำนวนที่มากพอ เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับ Mwamila and Karumuna [6] ที่ระบุว่าความต้องการชิ้นส่วนที่มากพอและคงที่เป็นสิ่งสำคัญในการที่โรงงานจะสามารถผลิตชิ้นส่วนได้ในระดับที่เหมาะสม Richardson [7] อาศัยประสบการณ์จากการทำงานเสนอหลักการของระบบพรีแคสต์ ประกอบด้วยปัจจัยสำคัญ 35 ปัจจัยในแต่ละขั้นตอน ทั้งการออกแบบ การผลิตชิ้นส่วน การขนส่งสู่หน่วยงานและการติดตั้งชิ้นส่วน Artidi [8] ทำการศึกษาปัญหาการใช้งานระบบสำเร็จรูปในประเทศสหรัฐอเมริกาที่ไม่แพร่หลายเหมือนประเทศในแถบยุโรป พบว่ามีปัจจัยหลักๆ 10 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป เช่น ปริมาณโครงการของภาครัฐ ประสบการณ์และการประสานงานของผู้ที่มีส่วนร่วมในโครงการ รวมทั้งความพึงพอใจของผู้ใช้อาคาร Pheng and Chan [9] เน้นการศึกษาในด้านของระบบโลจิสติกส์ในหน่วยงาน ทั้งด้านการขนส่ง การจัดเก็บชิ้นส่วนที่หน่วยงานและการประสานงานของแต่ละฝ่าย ในขณะที่ Sack [4] นำเสนอแบบจำลองเพื่อระบุกระบวนการการบริหารจัดการที่เหมาะสม เช่น การจัดการสัญญา การประมาณราคา การสื่อสาร ในการออกแบบด้านวิศวกรรม เป็นต้น Chiang [10] ชี้ให้เห็นถึงค่าใช้จ่ายย่อยที่ซ่อนอยู่ในกระบวนการต่างๆ เช่น ค่าใช้จ่ายในการตั้งโรงงานและติดตั้งเครื่องจักร การยกชิ้นส่วน ซึ่งอาจทำให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปสูงกว่าการก่อสร้างด้วยระบบปกติ จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้นจะเห็นได้ว่านักวิจัยแต่ละท่านมีการเลือกใช้และให้ความสำคัญกับปัจจัยที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นถึงการขาดการพัฒนาปัจจัยอย่างเป็นระบบ การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปสำหรับโครงการที่พักอาศัยในประเทศไทยก็ประสบปัญหาเช่นเดียวกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย โดยการสำรวจความคิดเห็นด้วยแบบสอบถามเกี่ยวกับระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยจากผู้ที่มีประสบการณ์ในการใช้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย

2. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการสุ่มถามความคิดเห็นจากผู้เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโครงการที่พักอาศัยและมีประสบการณ์ด้านการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปจำนวนทั้งสิ้น 52 ราย ด้วยแบบสอบถามความคิดเห็นถึงระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป (รายละเอียดปัจจัยดูได้ในตารางที่ 6) โดยให้ระดับความสำคัญ คือ 5 : มีความสำคัญสูงสุด และ 1: มีความสำคัญน้อยที่สุด ก่อนการแจกแบบสอบถาม

ได้มีการทดสอบแบบสอบถามกับผู้ปฏิบัติงานจริงเพื่อตรวจสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับความมีเหตุผล (Validity) ของตัวแบบสอบถาม หลังจากการทดสอบนี้ได้มีการปรับปรุงแบบสอบถามเพื่อให้มีความกระชับและชัดเจน โดยขั้นตอนการพัฒนาปัจจัยมีดังนี้

- ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง [4 - 10]
- วางโครงสร้างของปัจจัยและกลุ่มปัจจัย โดยอาศัยทฤษฎีระบบหลายลำดับชั้น ประสบการณ์และองค์ความรู้ของผู้เขียน
- ทดสอบแบบสอบถามเพื่อช่วยหาปัจจัยและกลุ่มปัจจัยเพิ่มเติมจากผู้มีประสบการณ์การ

จากการสำรวจความคิดเห็นด้วยแบบสอบถามดังกล่าว สามารถสรุปจำนวนของผู้ตอบแบบสอบถามได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวนแบบสอบถาม		ร้อยละที่ส่งคืน
	ที่ส่ง	ได้รับคืน	
ผู้ที่มีประสบการณ์การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย	70	52	74.29

จากนั้นทำการประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS ทดสอบความน่าเชื่อถือของสเกลด้วยการหาค่า สถิติ Cronbach's Alpha และทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน (1) เปรียบเทียบลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป (2) ตรวจสอบความ สัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทุกปัจจัย และ (3) ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) เพื่อจัดกลุ่มปัจจัยเข้าด้วยกัน

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของสเกลด้วยการหาค่าสถิติ Cronbach's Alpha มีค่า 0.91 แสดงว่ามีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากค่า Alpha ที่ชี้ว่าสเกลมีความน่าเชื่อถือควรมีค่ามากกว่า 0.7 [11] ส่วนผลการวิเคราะห์ระดับความสำคัญของปัจจัย 3 รูปแบบมีดังนี้

3.1 เปรียบเทียบลำดับความสำคัญ

การเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของของปัจจัยใช้ตัวชี้ระดับความสำคัญ (เทียบเคียง [12]) ดังสมการที่ (1)

$$\text{ตัวชี้ระดับความสำคัญ} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญ}}{\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน}} \quad (1)$$

เพื่อความสะดวกในการแปลความหมาย การเปรียบเทียบนี้จะแสดงเฉพาะ 5 ปัจจัยที่มีความสำคัญสูงสุดดังแสดงในตารางที่ 2 และ 5 ปัจจัยที่มีความสำคัญต่ำสุดดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งจากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญกับ "การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน" เป็นลำดับแรก ทั้งนี้เนื่องจากคุณภาพของชิ้นส่วนมีผลกระทบต่อความแข็งแรงและความสวยงามของอาคารนอกจากนั้นยังส่งผลกระทบต่อกิจกรรมอื่นที่จะตามมา ทั้งแผนงานการติดตั้ง การหาแนวในการติดตั้งวัสดุตกแต่งภายนอก และพื้นที่ว่างสำหรับงานตกแต่งภายใน ดังนั้นชิ้นส่วนที่ขนส่งมายังหน่วยงานจำเป็นต้องมีความ

ตารางที่ 2 แสดงค่าดัชนีระดับความสำคัญ 5อันดับแรกของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

ปัจจัยที่สำคัญ 5 อันดับแรก	ตัวชี้ระดับความสำคัญ	ลำดับที่
การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน	11.61	1
การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย	10.82	2
ความสามารถของผู้จัดการโครงการ	10.30	3
การกำหนดขนาดและน้ำหนักชิ้นส่วน	8.71	4
การจัดการระบบขนส่ง	8.71	5

สมบูรณ์ ส่วนตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญกับ "การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต" มีความสำคัญในลำดับสุดท้าย เนื่องจากผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีการเตรียมการผลิต และแบบหล่อที่เตรียมพร้อมไว้อยู่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถเริ่มผลิตชิ้นส่วนได้ทันทีเมื่อโครงการเริ่มต้น

3.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัย

ใช้วิธีการของ Kendall (Kendall Rank Correlation) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัย ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบความมีเหตุผลของปัจจัยที่พัฒนาขึ้น จากการวิเคราะห์พบว่าทุกปัจจัยมีความสัมพันธ์กัน ตัวอย่างของผลการวิเคราะห์นี้แสดงในตารางที่ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่า "การคาดการณ์ความต้องการ" กับ "การเลือกรูปแบบระบบ" มีความสัมพันธ์ไปทางเดียวกันในระดับสูง ในขณะที่ "จำนวนเงินลงทุน" กับ "การกำหนดแผนงานหลัก" มีความสัมพันธ์ไปทางเดียวกันในระดับต่ำ โดยจากการศึกษาปัจจัยทั้งหมดพบว่า "การเลือกรูปแบบระบบการก่อสร้าง" เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นๆ มากที่สุด

ตารางที่ 3 แสดงค่าดัชนีระดับความสำคัญ 5 อันดับสุดท้ายของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

ปัจจัยที่สำคัญ 5 อันดับสุดท้าย	ดัชนีระดับความสำคัญ	ลำดับที่
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	5.01	24
การทำงานร่วมกันของทุกฝ่ายอย่างต่อเนื่อง	4.95	25
การวางแผนการใช้เครื่องจักรที่หน่วยงาน	4.81	26
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	4.74	27
การกำหนดขนาดมาตรฐานของชิ้นส่วน	4.55	28

3.3 การวิเคราะห์ปัจจัย

การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) เป็นเทคนิคที่แบ่งกลุ่มปัจจัยออกเป็นกลุ่มๆ เพื่อลดจำนวนปัจจัย ซึ่งก่อนการวิเคราะห์ปัจจัยได้ทำการทดสอบความเหมาะสมในการใช้การวิเคราะห์ปัจจัย โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) ซึ่งควรมากกว่า0.5 จึงถือว่าเป็นข้อมูลที่มีความเหมาะสม [13] โดยในที่นี้ผลการทดสอบได้ค่าสัมประสิทธิ์ KMO เท่ากับ 0.72 จึงถือว่าข้อมูลมีความเหมาะสมที่จะใช้การวิเคราะห์ปัจจัย โดยการวิเคราะห์ปัจจัยประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ

- การสกัดปัจจัย

การสกัดปัจจัยเพื่อจัดโครงสร้างของปัจจัย โดยในการศึกษานี้เลือกใช้วิธีการวิเคราะห์แกนหลัก (Principle Component Analysis) หรือ PCA ผลจากการสกัดปัจจัยทำให้สามารถจัดกลุ่มปัจจัยทั้ง 33 ปัจจัย ได้เป็น 8 กลุ่มปัจจัย ซึ่งสามารถอธิบายอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปได้ประมาณร้อยละ 77.22 สูงกว่าร้อยละ 70 ซึ่งถือเป็นของความแปรผันรวมที่สามารถยอมรับได้ [14]

- การหมุนแกนปัจจัย

เป็นเทคนิคที่ช่วยให้สามารถจัดปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักปัจจัยเป็นค่ากลางๆ ให้เข้ากลุ่มกับแกนปัจจัยได้ง่ายขึ้น จากการหมุนแกนปัจจัยโดยวิธีหมุนแกนแบบตั้งฉาก (Orthogonal Rotation) รูปแบบ Varimax สามารถจัดกลุ่มปัจจัยได้เป็น 8 กลุ่มปัจจัย และสามารถอธิบายระดับอิทธิพลที่มีต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปได้ร้อยละ 77.22 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5 ค่าความแปรผันของแต่ละกลุ่มปัจจัยสามารถใช้หาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย (Normalised weight) ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 6

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย โดยการสำรวจความคิดเห็นจากผู้ที่มีส่วนร่วมในโครงการที่พักอาศัยและมีประสบการณ์ในด้านการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปผ่านแบบสอบถามความคิดเห็นถึงระดับความมีอิทธิพลของแต่ละปัจจัย ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบลำดับความสำคัญของทุกปัจจัยพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัยสูงสุด 5 อันดับแรกคือ "การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน" "การตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นสุดท้าย" "ความสามารถของผู้จัดการโครงการ" "การกำหนดขนาดและน้ำหนักชิ้นส่วน" และ "การจัดการระบบขนส่ง" และผลการวิเคราะห์ปัจจัยได้แนะนำปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในโครงการที่พักอาศัย 8 ปัจจัย ดังนี้ (1) "การจัดการโรงงานผลิตชิ้นส่วน" (2) "การออกแบบและจัดการชิ้นส่วน" (3) "การวางแผนและกำหนดตารางเวลา" (4) "การตรวจสอบคุณภาพและขนส่ง" (5) "การบริหารจัดการที่หน่วยงาน" (6) "ความชำนาญของผู้เกี่ยวข้อง" (7) "การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง" (8) "การกำหนดขนาดชิ้นส่วน" นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ปัจจัยยังช่วยชี้ให้เห็นถึงน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย ซึ่งทั้งปัจจัยและน้ำหนักความสำคัญนี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาแนวทางในการบริหารจัดการระบบสำเร็จรูปต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] ผู้จัดการ. 2548. ผู้นำจัดสรรชูระบบก่อสร้างสำเร็จรูป กันความเสี่ยงยุคเศรษฐกิจผันผวน, http://www.gotomanager.com

[2] ฐานเศรษฐกิจ. 2550. กานคาค่อยๆ โตเปิด 4 ทำเล 2 พันล้าน, http://www.thannews.th.com

[3] Richardson, J. G., 1973. Precast Concrete Production. UK: Cement and Concrete Association.

[4] Sacks, R., Eastman, C. M. and Lee, G., 2004. Process Model Perspectives on Management and Engineering Procedures in the Precast/Prestressed Concrete Industry. Journal of construction engineering and management, Vol. 130, No. 2: Page 206-215.

[5] Warszawski, A., 1990. Industrialization and Robotics in Building. New York: Harper & Row.

[6] Mwamila, B. L. M. and Karumuna, B. L., 1999. Semi-prefabricatation concrete techniques in developing countries. Building Research and Information , 27(3): Page 165-182.

[7] Richardson, J. G., 1991. Quality in Precast Concrete. New York: Longman Scientific&Technical.

[8] Arditi, D., Ergin, U. and Gunhan, S., 2000. Factors Affecting the Use of Precast Concrete Systems. Journal of architectural engineering, Vol. 6, No. 3: Page 79-86.

[9] Pheng, L. S. and Chuan, C. J., 2001. Just-in-time management of precast concrete components. Journal of construction engineering and management, Vol. 127, No. 6: Page 494-501.

[10] Chiang, Y. H., Chan, E. H. and Lok, L. K. L., 2006. Prefabrication and barriers to entry-a case study of public housing and institutional buildings in Hong Kong. Habitat International, 30: Page 482-499.

[11] SPSS training, 1998. SPSS training series, by IT services in 2001, Queensland University of Technology.

[12] Lehmann, D. R., 1989. Market research and analysis,3rd ed. USA: Irwin

[13] กัลยา วานิชย์บัญ, 2548. การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows. กรุงเทพฯ: บริษัทธรรมสาร จำกัด, หน้า 4-32.

[14] Aaker, D. A., Kumar, V. and Day, G. S., 1998. Market research. USA: John Wiley and sons.

ตารางที่ 4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ร่วมแบบ Kendall Rank ของ 8 ตัวอย่างปัจจัย

ตัววัด	การคาดการณ์ความต้องการ	การเลือกรูปแบบระบบสำเร็จรูป	จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น	ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	ระบบดำเนินการรูปแบบสัญญา	การกำหนดแผนงานหลัก	การกำหนดตารางเวลาในแต่ละส่วน	การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต
การคาดการณ์ความต้องการ	1							
การเลือกรูปแบบระบบสำเร็จรูป	.531**	1						
จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น	.293*	.586**	1					
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	.414**	.486**	.442**	1				
ระบบดำเนินการ รูปแบบสัญญา	.267*	.283*	.172	.487**	1			
การกำหนดแผนงานหลัก	.250	.382*	.006	.192	.044	1		
การกำหนดตารางเวลาในแต่ละส่วน	.197	.410**	.365**	.450**	.361**	.360**	1	
การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต	.473**	.449**	.356**	.549**	.613**	.217	.506**	1

หมายเหตุ: (*) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %, (**) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ 5 แสดงค่าความแปรผันทั้งหมดที่อธิบายได้ของแต่ละกลุ่มปัจจัย

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	13.45	40.75	40.75	13.45	40.75	40.75	6.13	18.56	18.56
2	3.18	9.64	50.39	3.18	9.64	50.39	5.85	17.72	36.28
3	2.03	6.16	56.55	2.03	6.16	56.55	3.04	9.23	45.51
4	1.69	5.14	61.69	1.69	5.14	61.69	2.58	7.83	53.34
5	1.68	5.08	66.77	1.68	5.08	66.77	2.12	6.42	59.76
6	1.32	4.00	70.77	1.32	4.00	70.77	2.10	6.36	66.12
7	1.10	3.34	74.11	1.10	3.34	74.11	2.09	6.34	72.46
8	1.03	3.11	77.22	1.03	3.11	77.22	1.57	4.76	77.22
9	.82	2.48	79.70						

ตารางที่ 6 แสดงค่าความแปรผันของแต่ละกลุ่มปัจจัยและค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย

	กลุ่มปัจจัยและปัจจัย	ร้อยละของความแปรผัน	น้ำหนักของปัจจัยหลังจากการหมุนแกน	น้ำหนักปรับปรุงของปัจจัย	
1	การจัดการโรงงานผลิตชิ้นส่วน	18.56			24%
	ความสอดคล้องของเทคโนโลยีการผลิตกับความสามารถของแรงงาน		.796	14%	
	ระบบดำเนินการ รูปแบบสัญญา		.774	14%	
	ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน		.755	14%	
	การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของผู้มีส่วนร่วม		.755	14%	
	การตั้งหน่วยงานกำหนดและควบคุมมาตรฐาน		.673	12%	
	การวางผังโรงงาน		.609	11%	
	ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรในการผลิต		.607	11%	
	การเผื่อระยะเวลาเตรียมการผลิต		.597	10%	
2	การออกแบบและจัดการชิ้นส่วน	17.72			23%
	การใช้ระบบพิกัดประสาน (modular coordination)		.804	15%	
	การกำหนดระยะเผื่อ (tolerance)		.748	14%	
	การจัดการระบบวัสดุคงคลัง		.688	13%	
	ความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง		.668	12%	
	การใช้ประโยชน์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์		.660	12%	
	การวางแผนการใช้งานเครื่องจักรในหน่วยงาน		.641	12%	
	การกำหนดขนาดมาตรฐานของชิ้นส่วน		.635	11%	
	ความเข้าใจในระบบของวิศวกรโครงสร้าง		.599	11%	
3	การวางแผนและกำหนดตารางเวลา	9.23			12%
	ความสามารถของผู้ผลิต		.743	22%	
	การกำหนดแผนงานหลักอย่างเป็นระบบ เป็นไปได้จริง		.674	20%	
	การมีส่วนร่วมของผู้ผลิตตั้งแต่ช่วงเริ่มโครงการ		.637	18%	
	การกำหนดตารางเวลาในส่วนงานย่อย		.557	16%	
	การจัดทำแผนระยะสั้นเมื่อเกิดปัญหา		.461	13%	
	ประสิทธิภาพในการประชุมร่วมทุกฝ่าย		.389	11%	
4	การตรวจสอบคุณภาพและขนส่ง	7.83			10%
	การจัดการระบบขนส่ง		.814	37%	
	การตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วน		.809	36%	
	การตรวจสอบความสมบูรณ์อาคารขั้นสุดท้าย		.597	27%	
5	การบริหารจัดการที่หน่วยงาน	6.42			9%
	ความสามารถของผู้จัดการโครงการ		.790	43%	
	การกำหนดแผนวิธีการก่อสร้าง		.539	29%	
	การกำหนดสิ่งบริเวณภายในหน่วยงาน		.505	28%	
6	ความชำนาญของผู้เกี่ยวข้อง	6.36			8%
	ความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการของตลาด		.730	51%	
	การประยุกต์ระบบให้เกิดประโยชน์สูงสุดของผู้ออกแบบ		.697	49%	
7	การตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง	6.34			8%
	จำนวนเงินลงทุนเบื้องต้น		.886	61%	
	การเลือกรูปแบบของระบบสำเร็จรูป		.557	39%	
8	การกำหนดขนาดชิ้นส่วน	4.76			6%
	การกำหนดขนาดและน้ำหนักของชิ้นส่วนในการผลิต		.868	100%	
	รวม	77.22			100%

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายเสกสรร เจริญสุข

วัน เดือน ปีเกิด 13 สิงหาคม 2516 จังหวัดชลบุรี

ที่อยู่ 28/30 หมู่บ้านชวนชื่นศรีนครินทร์-เทพารักษ์ หมู่ 6 ตำบลบางเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10270

ประวัติการศึกษา 2539 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการก่อสร้าง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2539-2544	บริษัท ซี วี เทค จำกัด
	- วิศวกรสนาม
พ.ศ. 2544-ปัจจุบัน	บริษัท วิศวกรที่ปรึกษา อาร์ เค วี จำกัด
	- วิศวกร โครงการ
	- ผู้จัดการ โครงการ