สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาโปรแกรมสเปรดชีทในการประมาณราคางานก่อสร้าง

A DEVELOPMENT OF SPREAD SHEET PROGRAM IN CONSTRUCTION ESTIMATE

โดย

นายพงศธร แปลงไชสง

นายเมธี โคตรทา

ปพ.
พ1287
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72894
วัน,เดือน,ปี 25 มิ.ย. 2550

b 11774174
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A DEVELOPMENT OF SPREAD SHEET PROGRAM IN CONSTRUCTION ESTIMATE

Mr. Pongsatorn Plangthaisong

Mr. Matee Khotta

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การพัฒนาโปรแกรมสเปรดชีทในการประมาณราคางานก่อสร้าง		
นักศึกษา	นายพงศธร	แปลงไธสง	รหัสประจำตัว 46010479
	นายเมธี	โคตรทา	รหัสประจำตัว 46010612
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา		วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.วิบูลย์ วุฒิญาณ		

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.แดง	เหรียญสุวรรณ	
ผศ.ดร.จักรพงษ์	พงษ์เพ็ง	
อ.วิบูลย์	วุฒิญาณ	
อ.สมชาย	สำลีรางค์กูล	
อ.แหลมทอง	เหล่าคงถาวร	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(รศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 31 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การพัฒนาโปรแกรมสเปรดชีทในการประมาณราคางานก่อสร้าง
	A DEVELOPMENT OF SPREAD SHEET PROGRAM
	IN CONSTRUCTION ESTIMATE
นักศึกษา	นายพงศธร แปลงไธสง
	นายเมธี โคตรทา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วิบูลย์ วุฒิญาณ
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2549

บทคัดย่อ

ในระบบงานก่อสร้างทั่วไป จะต้องมีการประมาณราคาการก่อสร้าง เพื่อที่จะนำไปใช้เป็นข้อมูลในการประมูลงานก่อสร้าง ซึ่งในการประมาณราคาการก่อสร้างแต่ละครั้งนั้นจะมีความยุ่งยากในเรื่องการคำนวณเป็นอย่างยิ่ง อีกทั้งยังก่อให้เกิดความผิดพลาดจากการคำนวณได้ง่าย เพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดในการประมาณราคาน้อยที่สุด ดังนั้นในการประมาณราคาจึงได้มีโปรแกรมเข้ามาช่วยในการคำนวณ

การจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ เป็นโครงงานที่มุ่งจะใช้โปรแกรมสเปรดชีทเข้ามาช่วยในเรื่องของการคำนวณทั้งงานด้านโครงสร้างและส่วนงานสถาปัตยกรรม โปรแกรมที่ใช้ในปริญญานิพนธ์นี้สร้างมาจากโปรแกรม Microsoft Excel เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่บุคคลทั่วไปมีความคุ้นเคยและใช้งานได้ง่าย โปรแกรมนี้จะช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ประมาณราคา เพียงแค่กรอกข้อมูลบางส่วนที่จำเป็นโปรแกรมจะคำนวณให้เสร็จเรียบร้อย ซึ่งจะทำให้การประมาณราคานั้นมีความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THESIS TITLE	A DEVELOPMENT OF SPREAD SHEET PROGRAM IN CONSTRUCTION ESTIMATE		
STUDENT	Mr. Pongsatorn	Plangthaisong	ID. 46010479
	Mr. Matee	Khotta	ID. 46010612
ADVISOR	Mr. Wibool	Wutthiyan	
COURSE	Bachelor Degree of Civil Engineering		
DEPARTMENT	Civil Engineering		
ACADEMIC YEAR	2006		

ABSTRACT

In construction project, estimating must be used for bidding. It is very difficult and cause to errors in calculation of estimation. To avoid these errors, the proper computer program should be selected. The special project use Microsoft Excel, the best spread sheet program, for developing in construction estimate. Microsoft Excel is well-known , familiar and easy to use for estimators, the developed program consists of structural an architectural calculation and are divided in calculation of footing, beam, column, slab, stair, roofing, floor finishing, wall, ceiling, door-window, etc. This program uses functions, special functions and macro functions of Microsoft Excel in calculation. The estimators only input data on cell of column and row, the accurate and quick output will be received.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ก็เพราะความกรุณาของอาจารย์ วิบูลย์ วุฒิญาณ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ ไม่มีคำกล่าวใดที่สามารถใช้บ่งบอกถึงความกรุณาและความอนุเคราะห์ของท่านได้ ตลอดระยะเวลาของงานศึกษานี้ท่านได้ให้คำแนะนำและคำสอนมากมายซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่เอื้ออำนวยในการใช้ห้องคอมพิวเตอร์ และเบิกอุปกรณ์ต่างๆ จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณ เพื่อน ๆ และรุ่นน้อง ที่ให้ความช่วยเหลือในทุกด้านที่สามารถช่วยได้ อย่างเต็มที่

ท้ายที่สุดแต่ไม่ใช่น้อยที่สุด สำหรับคำขอบคุณอันพิเศษสุดที่ขอมอบให้แก่สมาชิกครอบครัวทุกคนที่มอบความรัก ความห่วงใยและให้การช่วยเหลืออย่างต่อเนื่องตลอดการศึกษาของผู้ประพันธ์ และขอขอบคุณห้องสมุดสถาบันสำหรับหนังสือและแหล่งข้อมูลอันทรงค่าสำหรับงานศึกษานี้

นายพงศธร แปลงไธสง

นายเมธี โคดรทา

ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญรูป	ฌ
	สารบัญตาราง	ฐ
1	**บทนำ**	
	1.1 กล่าวนำ	1
	1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
	1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย	1
	1.4 ขอบเขตของโครงงานวิจัย	1
	1.5 การทบทวน เอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
	1.6 หลักการและทฤษฎีที่ใช้	2
	1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
	1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
	1.9 เอกสารอ้างอิง	4
	1.10 แผนการดำเนินงาน	4
2	**วรรณกรรมปริทรรศน์**	
	2.1 EST Project (สมเกียรติ์ ขวัญพฤกษ์)	5
	2.2 Civisoft Estimate 3.02 (สิทธิกร กมลวานนท์)	5
	2.3 BAR SCHEDULE DETALL & CUT DENGTH WITH PROGRAM "TURBO BARSHED" (เกรียงไกร บางประภา,วินัย องอาจทวีชัย,2534)	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
3	**ทฤษฎีและหลักการที่ใช้**	
	3.1 ทฤษฎีประมาณราคา	7
	3.2 Excel	21
	3.3 มาตรฐาน วสท.	23
	3.4 ของอมาตรฐาน (มาตรฐาน วสท.และACI)	31
4	**รายละเอียดและข้อกำหนดของแบบก่อสร้างตามมาตรฐาน วสท.**	
	4.1 ฐานราก(FOOTING)	32
	4.2 เสา (COLUMN)	37
	4.3 คาน (Beam)	49
	4.4 แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อกับที่	70
	4.5 กำแพงกันดิน (Retaining Wall)	73
	4.6 บันได (Stair)	76
5	**ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม**	
	5.1 กล่าวนำ	79
6	**โปรแกรมและวิธีการใช้งาน**	
	6.1 ข้อมูลเบื้องต้น	95
	6.2 โปรแกรม	98
7	**สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ**	
	7.1 สรุปผลการวิจัย	138
	7.2 ข้อเสนอแนะ	138
	ภาคผนวก	
	- ตัวอย่างแสดงการป้อนค่าในโปรแกรม	ผ1
	บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
3.1	ฐานราก	13
3.2	งอขอ	31
4.1	ฐานรากชนิดต่างๆ	33
4.2	พฤติกรรมของฐานรากเดี่ยวเมื่อรับน้ำหนัก	34
4.3	พฤติกรรมของฐานรากร่วมเมื่อรับน้ำหนัก	35
4.4	การเทคอนกรีตเสาโดยใช้กรวย	38
4.5	พฤติกรรมของเสาเมื่อรับน้ำหนัก	39
4.6.1	การจัดเรียงเหล็กเสริมเสาแบบต่างๆ	40
4.6.2	การจัดเรียงเหล็กเสริมเสาแบบต่างๆ	41
4.6.3	การจัดเรียงเหล็กเสริมเสาแบบต่างๆ	42
4.6.4	การจัดเรียงเหล็กเสริมเสาแบบต่างๆ	43
4.7	การให้รายละเอียดรูปด้านเสาแบบต่างๆ	44
4.8	การต่อเหล็กที่ระดับชั้น	45
4.9	แสดงการต่อเหล็กเสาที่ระดับพื้นแบบต่างๆ	46
4.10	แสดงการเสริมเหล็กเสาเยื้องศูนย์กลาง	46
4.11	รายละเอียดหูช้าง	47
4.12	แสดงจุดดัดระหว่างคานกับเสา	47
4.13	รายละเอียดเหล็กปลอกที่แป้นหัวเสา	48
4.14	ตัวอย่างการต่อเหล็กโดย Mechanical Device แบบหนึ่ง	48
4.15	แสดงตัวอย่างคานที่เกิดแรงดัดภายในตัวคาน	50
4.16	แสดงลักษณะแรงเฉือน และแรงดึงทแยงมุมที่เกิดในคาน	51
4.17	แสดงลักษณะแรงบิดที่เกิดในคาน	51
4.18	แสดงแรงอัด และแรงดึงกลับทิศทางกัน	53
4.19	เหล็กเสริมรับแรงอัด	54
4.20	การจัดเหล็กเสริมในคาน	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.21	การจัดเหล็กเสริมในคาน	58
4.22	การเสริมเหล็กเพื่อรับแรงเฉือนในคาน	59
4.23	เหล็กปลอกลักษณะต่างๆ	60
4.24	แสดงการระบุจำนวนขนาด ระยะเรียง และช่วงเสริมเหล็กปลอกในคาน	62
4.25	แสดงการใส่เหล็กปลอกลักษณะต่างๆ	62
4.26	การจัดเหล็กปลอก	62
4.27	Main Steel in Continuous Beam	63
4.28	แสดงจุดตัดของคานรับพื้นทางเดียว	65
4.29	แสดงจุดตัดของคานรับพื้นสองทาง	66
4.30	แสดงการจัดเหล็กที่จุดต่อคานที่มีความลึกต่างกัน	67
4.31	แสดงเหล็กเสริม Haunch beam	68
4.32	ระยะเสริมเหล็กคอม้าและเหล็กเสริมพิเศษตามมาตรฐาน ACI	69
5.1	Flow Chart ภาพรวมของโปรแกรม	80
5.2	Flow Chart Footing	81
5.3	Flow Chart Beam	82
5.4	Flow Chart Pier Column	83
5.5	Flow Chart Slab	84
5.6	Flow Chart Stair	85
5.7	Flow Chart Wall	86
5.8	Flow Chart Bar-Cutting List	87
5.9	Flow Chart โครงหลังคา	88
5.10	Flow Chart Finishing	89
5.11	Flow Chart Ceiling	90
5.12	Flow Chart Sanitary	91
5.13	Flow Chart Window & Door	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
5.14	Flow Chart ตกแต่งผนัง	93
5.15	Flow Chart มุงหลังคา	94
6.1	เมนูหลักที่ใช้ในโปรแกรม	98
6.2	การใช้โปรแกรม	99
6.3	Spread Footing	100
6.4	Square Footing	101
6.5	Pilingcap Footing	102
6.6	Circular Footing	103
6.7	Triangular Footing	104
6.8	Rectangular Pier Column	105
6.9	Circular Pier Column	106
6.10	Hexagonal Pier Column	107
6.11	Simple Beam (สัมผัสดิน)	108
6.12	Simple Beam	109
6.13	Continuous Beam (สัมผัสดิน)	110
6.14	Continuous Beam	111
6.15	Cantilever Beam (สัมผัสดิน)	112
6.16	Cantilever Beam	113
6.17	OneWay Slab	114
6.18	OneWay Slab (NonBent)	115
6.19	TwoWay Slab	116
6.20	TwoWay Slab (NonBent)	117
6.21	Cantilever Slab	118
6.22	PreCast Slab	119
6.23	Twolayer Slab	120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
6.24	1 – Lift Wall	121
6.25	3 – Lift Wall	122
6.26	Parapet Wall	123
6.27	Retaining Wall	124
6.28	Vertical Wall	125
6.29	Horizontal Wall	126
6.30	Flat Bottom Stair	127
6.31	Steel (DB)	128
6.32	Steel (RB)	129
6.33	โครงหลังคา	130
6.34	มุงหลังคา	131
6.35	Finishing	132
6.36	ตกแต่งผนัง	133
6.37	Ceiling	134
6.38	Window & Door	135
3.39	Sanitary	136
3.40	Summary Sheet	137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
3.1	เหล็กเส้นกลมเสริมคอนกรีต (มอก. 20-2527)	28
3.2	เหล็กเส้นข้ออ้อยเสริมคอนกรีต (มอก. 24-2527)	28
3.3	ความหนาคอนกรีต หุ้มเหล็กเสริมสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก	29
3.4	ความหนาคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมสำหรับคอนกรีตสำเร็จรูป	30
3.5	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดสำหรับของการดัด	31
4.1	ขนาดความกว้างน้อยสุด (โดยประมาณของคาน ซม.)	57
4.2	ระยะโก่งของพื้นทางเดียว	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมการก่อสร้างมีการแข่งขันกันสูง จำเป็นต้องมีการประมาณราคาการก่อสร้างเพื่อนำไปใช้ในการประมูลงาน ซึ่งระยะเวลาในการทำงานนั้นมีจำกัด ดังนั้นการใช้ โปรแกรมประมาณราคาเพื่อช่วยในการประมาณราคานั้นจะทำให้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

เพราะฉะนั้นการพัฒนาโปรแกรมประมาณราคาเพื่อนำมาใช้ในงานประมาณราคา ก็จะช่วยร่นระยะเวลาในการประมาณราคา และลดความผิดพลาดที่เกิดจากการคำนวณด้วยมือได้เป็นอย่างดี

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

โปรแกรมประมาณราคาโดยทั่วไปเขียนด้วยโปรแกรม Visual basic ผู้ใช้งานจึงต้องมีความรู้พื้นฐานในการใช้โปรแกรมนั้นพอสมควร ประกอบกับการคิดปริมาณเหล็กนั้น โปรแกรมสำเร็จรูปในท้องตลาดมักจะใช้วิธีการคำนวณเหล็กแบบน้ำหนัก

ดังนั้นโปรแกรมสเปรดชีทนี้จึงใช้โปรแกรม Microsoft Excel เนื่องจากเป็นโปรแกรมพื้นฐานที่คนทั่วไปคุ้นเคยกันดีและมีความยืดหยุ่นต่อผู้ใช้สูง สามารถปรับแก้ค่าต่างๆได้รวมทั้งมีวิธีการคำนวณเหล็กทั้งแบบน้ำหนักและแบบ Bar cutting ด้วย

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย

พัฒนาโปรแกรม Spread Sheetในการประมาณราคาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel (Advance) ให้มีความสะดวก และมีความยืดหยุ่นต่อผู้ใช้งาน

1.4 ขอบเขตของโครงงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาและทำการประมาณงานก่อสร้าง

1.4.2 ศึกษาและออกแบบโปรแกรมสำหรับประมาณงานก่อสร้าง

1.4.3 รวบรวมข้อกำหนด มาตรฐานและรูปต่างๆ มาผนวกใช้กับโปรแกรม โดยยึดข้อกำหนดตามมาตรฐาน วสท.

1.4.4 ประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สร้าง Work up Sheet งานโครงสร้างในรูปของ Format งานฐานราก, คาน, พื้น, เสา, บันได, ผนัง, โครงหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.5 ประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สร้าง Work up Sheet งานสถาปัตย์ในรูปของ Format งานมุงหลังคา ตกแต่ง พื้น, ผนัง, งานฝ้า, สุขภัณฑ์, ประตู, หน้าต่าง, บันได

1.4.6 Format ในรูปของ BOQ

1.5 การทบทวน เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.5.1 Program General Cost Estimate

1.5.2 Program EST Project : By Somkhead Kaunpeuk

1.5.3 Program Estimate Construction V 2.7 : By Thai Estimate Team

1.5.4 Program Civisoft Estimate 3.02 : By Civisoft and Construction Co.ltd.

1.6 หลักการและทฤษฎีที่ใช้

1.6.1ทฤษฎีการประมาณราคาการก่อสร้าง

1.6.2 มาตรฐานการออกแบบงานคอนกรีตเสริมเหล็กของ วสท.

1.6.3 Microsoft Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.8.1 ร่นระยะเวลาการประมาณราคางานก่อสร้าง

1.8.2 การประมาณราคางานก่อสร้างมีถูกต้อง

1.8.3 ลดความซับซ้อน ยุ่งยาก จากการทำการประมาณราคา

1.9 เอกสารอ้างอิง

1.9.1 ทฤษฎีประมาณราคา (เอกสารประกอบการเรียนการสอน, อ.วิบูลย์ วุฒิญาณ)

1.9.2 การนำเสนอรายละเอียดการคัดเหล็กและการตัดเหล็กด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ (เกรียงไกร บางประภา,วินัย องอาจทวี,2534)

1.9.3 มาตรฐานงานก่อสร้าง(วสท.)

1.10 แผนการดำเนินงาน

เดือน	รายการ
กรกฎาคม	วางแผนงาน และรวบรวมข้อมูล
สิงหาคม	ศึกษาแบบงานก่อสร้าง, มาตรฐานงานก่อสร้าง,ทฤษฎีการประมาณราคา
	ศึกษาโปรแกรม Microsoft Excel, Macro, Auto CAD
กันยายน	ทำการประมาณราคาแบบบ้านตัวอย่าง
ตุลาคม	สอบปลายภาค
พฤศจิกายน	ออกแบบและเขียนคำสั่งโปรแกรม
ธันวาคม	"
มกราคม	"
กุมภาพันธ์	ทดสอบโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทรรศน์

2.1 EST Project (สมเกียรติ์ ขวัญพฤกษ์)

- เป็น Spread sheet Program ที่ใช้ Microsoft Excel ในการทำ Format
- มีการแบ่ง input และ output ออกมาอย่างชัดเจน
- ประกอบด้วยโปรแกรมหาดินขุด ปริมาตรทราย ปริมาตรคอนกรีต ไม้แบบ และเหล็กเสริมโดยวิธีน้ำหนัก ของงานโครงสร้างดังต่อไปนี้

1. ฐานราก
2. เสา
3. คาน
4. พื้น
5. บันได
6. หลังคา

และ Summary sheet

2.2 Civisoft Estimate 3.02 (สิทธิกร กมลวานนท์)

ใช้โปรแกรม Visual Basic ในการทำโปรแกรม
ประกอบด้วย การถอดแบบงานโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรม งานไฟฟ้า งานระบบ
ในส่วนของการถอดแบบประมาณราคานั้น ในงานโครงสร้างประกอบด้วย

1. ฐานราก มี 8 แบบ
2. เสาตอม่อ มี 5 แบบ
3. เสา มี 5 แบบ
4. คาน มี 5 แบบ
5. พื้น มี 8 แบบ
6. บันได มี 2 แบบ
7. ผนัง มี 7 แบบ

และ Summary sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 BAR SCHEDULE DETALL & CUT DENGTH WITH PROGRAM "TURBO BARSHED" (เกรียงไกร บางประภา,วินัย องอาจทวีชัย,2534)

- เป็นรายละเอียดการดัดเหล็กและตัดเหล็ก โดยใช้โปรแกรม Turbo Barshed ประกอบด้วยข้อมูลรายละเอียดของโครงสร้างต่างๆ ตามมาตรฐาน วสท. คือ ฐานราก เสาคาน
พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อกับที่ กำแพงกันดิน บันได และการดัดเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีและหลักการที่ใช้

3.1 ทฤษฎีประมาณราคา

การประมาณราคา หมายถึง การประมาณหรือคาดคะเนราคาที่เหมาะสมของค่าก่อสร้าง ทั้งที่เป็นค่าก่อสร้างทางตรงหรือทางอ้อม

วิธีการประมาณราคา

1. การประเมินราคาอย่างหยาบ
2. การประเมินราคาอย่างละเอียด

3.1.1 วัตถุประสงค์ของการประมาณราคาก่อสร้าง

การประมาณราคาก่อสร้าง จะเข้าไปเกี่ยวข้องในกระบวนการตั้งแต่เริ่มต้น โครงการจนถึงขั้นตอนการก่อสร้าง โดยมีวัตถุประสงค์ในการทำประมาณการแตกต่างกันออกไป ในแต่ละขั้นตอนดังนี้

3.1.1.1 ทำงบประมาณค่าก่อสร้าง (Project Budgeting) โดยทั่วไปแล้วผู้ออกแบบจะเป็นผู้จัดทำประมาณราคาเพื่อกำหนดราคากลาง สำหรับค่าก่อสร้างใน โครงการทั้งนี้เพื่อใช้เป็นบรรทัดในการประเมินราคาของผู้ร่วมเสนอราคาในการประมูลราคาต่อไป

3.1.1.2 กำหนดค่างวดงานในการก่อสร้าง (Construction Progress Payment) โดยผู้ควบคุมงานหรือตัวแทนส่วนเจ้าของโครงการจะเป็นผู้ประมาณการตามแบบและแผนงาน เพื่อกำหนดค่างวดงานและสะดวกในการเบิกจ่ายค่างานในแต่ละงวด หรือในบางกรณีที่จะต้องคำนวณเพื่อหาปริมาณงานที่ทำได้จริง ซึ่งจะต้องทำการสำรวจหน้างาน และทำการประเมินราคาเพื่อกำหนดค่างานที่จะจ่ายในงวดนั้นๆ

3.1.1.3 คิดค่างานเพิ่มหรือลดจากสัญญาในการก่อสร้าง (Change Order and Extra Work Payment) ใช้สำหรับกรณีที่เจ้าของงานหรือ ตัวแทนกำหนดให้ผู้รับเหมาทำงานเพิ่มเติมจากที่กำหนดในแบบและข้อกำหนดประกอบสัญญาจ้าง ซึ่งจะต้องทำการประมาณการหาปริมาณงานจากแบบเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม โดยที่ราคาต่อหน่วยที่ใช้ในการคิดราคา อาจเป็นราคาที่อยู่ในใบเสนอราคาหรือราคาต่อหน่วยใหม่ก็ได้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ระบุไว้ในสัญญาจ้างใช้

3.1.1.4 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ (Feasibility Study) การประมาณการในลักษณะนี้จะเป็นการประมาณราคาขั้นต้น โดยอาจจะมีแบบเพียงแบบร่างที่รับรองแล้ว ยังไม่จำเป็นต้องมีแบบละเอียด ทั้งนี้อาจโดยวิธีการคำนวณราคาต่อพื้นที่ใช้สอย (บาท/ตารางเมตร) หรือราคาต่อหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ (บาท/ห้องพักโรงแรม) เป็นต้น ซึ่งยอมรับได้ในการนำมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ ก่อนจะลงมือดำเนินการในขั้นต่อไป

3.1.1.5 จัดทำเอกสารเสนอราคาก่อสร้างในการประมูลงานของผู้รับเหมา (Bill of Quantity for Competitive Biding) การประมาณการจะต้องทำอย่างละเอียดรอบคอบทั้งนี้หากผิดพลาดอาจทำให้ขาดทุนได้

3.1.2 ความหมายของการประมาณราคา

การประมาณราคา (Cost Estimate)

หมายถึงการประมาณหรือคาดคะเน ราคาที่เหมาะสมของค่าก่อสร้าง ทั้งที่เป็นค่าก่อสร้างทั้งทางตรงหรือทางอ้อม เมื่อทำการสำรวจปริมาณวัสดุ แรงงาน และเครื่องมือเครื่องจักร โดยแยกงานออกเป็นหน่วยแล้ว ผู้ประมาณราคาจะต้องกำหนดราคาต่อหน่วยของต้นทุนค่าก่อสร้าง การคาดการถึงราคาที่เหมาะสมนั้น นับเป็นขั้นตอนที่ยากลำบาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สำหรับผู้ที่ขาดประสบการณ์ ดังนั้นผู้ที่จะประมาณราคาได้อย่างถูกต้องใกล้เคียงนั้น จะต้องมีความพร้อมของข้อมูลและสารสนเทศที่รวบรวมได้จากประสบการณ์ที่ผ่านมาประกอบกับสามัญสำนึกของผู้ประมาณราคาเองด้วย

3.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการประมาณราคางานก่อสร้าง

ข้อมูลและสารสนเทศด้านต้นทุนค่าก่อสร้างส่วนใหญ่จะเก็บรวบรวมได้จากประสบการณ์การทำงานที่ผ่านมาในอดีต ถ้าหากผู้ประมาณราคาไม่สามารถจัดหาข้อมูล และสารสนเทศได้จากประสบการณ์ของตัวเอง ก็อาจจะสอบถามหรือเก็บรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ของผู้อื่น เพื่อนำมาเปรียบเทียบ รวมทั้งหาข้อมูลด้านราคาจากเอกสารต่างๆอย่างไรก็ตาม ข้อมูลดังกล่าว ผู้ประมาณราคาจะใช้ประกอบการพิจารณาด้านราคาเบื้องต้นเท่านั้นเพราะในทางปฏิบัติการกำหนดราคาทุกครั้ง ผู้ประมาณราคาจะต้องตรวจสอบราคาปัจจุบันของวัสดุก่อสร้างนั้นจากแหล่งจำหน่ายจริงด้วย เพราะการกำหนดราคาวัสดุก่อสร้างค่าแรง และค่าเครื่องมือเครื่องจักร ของแต่ละโครงการจะมีการปรับขึ้นลง โดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆต่อไปนี้

1. ตำแหน่งที่ตั้ง ทำเลที่ตั้งและการเข้าถึง
2. ลักษณะสภาพดินและสภาพใต้ดิน
3. เวลาและฤดูกาล
4. สภาพดินฟ้าอากาศและภูมิอากาศ
5. ข้อตกลงด้านค่าจ้างแรงงาน
6. ปัญหาการนัดหยุดงาน
7. ราคาวัสดุก่อสร้างพื้นฐาน ได้แก่ เหล็กเส้น ปูนซีเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การจัดหาแหล่งเงินทุน หรือความพร้อมทางด้านเงินทุนหมุนเวียน

9. ความต้องการงานก่อสร้างของกิจการ

10. สถานการณ์ทางด้านเศรษฐกิจและการเมือง

นอกจากค่าใช้จ่ายด้านวัสดุแรงงานและเครื่องมือเครื่องจักร ซึ่งนับเป็นค่าใช้จ่ายทางตรงของงานก่อสร้างแล้ว ผู้ประมาณราคายังต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างอีกด้วย ค่าใช้จ่ายทางอ้อมหมายถึงค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างที่อาจเปลี่ยนแปลงตามสภาวะการผันผวนทางเศรษฐกิจ

การประมาณราคาต้นทุนโครงการ นับเป็นเรื่องจำเป็นที่ต้องนำมาพิจารณาในแต่ละระดับของการดำเนินโครงการ เจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบและผู้รับเหมาจะให้ความสำคัญของการประมาณราคา ในมุมมองที่ต่างกันการประมาณราคาของเจ้าของโครงการนี้ นอกจากค่าใช้จ่ายทางด้านต้นทุนการก่อสร้างซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายพื้นฐาน ค่าดอกเบี้ย ภาษีและอื่นๆ ส่วนการประมาณราคาของผู้ออกแบบจะต้องทำการประมาณราคาเพื่อควบคุมให้ค่าก่อสร้าง ค่าวัสดุตกแต่ง รวมทั้งอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ในขณะที่ทำการประมาณราคาในส่วนผู้รับเหมาจะคำนึงถึงการประมาณต้นทุนในการก่อสร้างตั้งแต่ฐานรากถึงขั้นตกแต่ง ซึ่งจะต้องรวมค่าดำเนินการและกำไรสำหรับโครงการของผู้รับเหมาเองด้วย

ในการประมาณราคาของแต่ละระดับขั้นต่างก็มีวิธีการที่แตกต่างกันออกไป แต่โดยสรุปแล้วจะแบ่งได้ 2 วิธี

1. วิธีการประมาณราคาอย่างหยาบ (Approximate Estimate)

2. วิธีการประมาณราคาอย่างละเอียด (Detail Estimate)

3.1.4 ผู้ประมาณราคา

3.1.4.1 มีความรู้ความสามารถในการเขียนแบบ และอ่านแบบรูปและรายการละเอียด รวมทั้งเอกสารที่ใช้ในการประกวดราคาได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง

3.1.4.2 มีความสามารถในการออกแบบ และเขียนแบบร่างคร่าวๆ เพื่อใช้ในการก่อสร้างเพิ่มเติมได้ จะต้องมีความสามารถในการติดต่อสื่อสารได้ ทั้งวิธีเจรจา และวิธีการสื่อสารด้วยแบบรูป

3.1.4.3 มีความรู้ความชำนาญในด้านเทคนิคการวัด และวิธีการทางด้านคณิตศาสตร์ มีความละเอียดถี่ถ้วน

3.1.4.4 มีความสนใจในการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติต่างๆของงานที่เคยทำการก่อสร้าง รวมทั้งอัตราแลกเปลี่ยนราคาวัสดุก่อสร้าง โดยทำการเก็บรวบรวมอย่างเป็นระบบ เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้ประกอบการประมาณราคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4.5 มีความรู้ความชำนาญในวิชาชีพก่อสร้าง เพื่อกำหนดวิธีและขั้นตอนของงานก่อสร้าง กำหนดอัตราค่าแรงการก่อสร้าง และปริมาณวัสดุก่อสร้างที่ใช้ รวมทั้งการเลือกใช้เครื่องมือเครื่องจักรกลและอุปกรณ์การก่อสร้างประเภทต่างๆ

3.1.4.6 มีความรู้พื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์และธุรกิจเบื้องต้น เพื่อจะได้คาดการณ์ถึงสถานการณ์การลงทุนในการก่อสร้างได้

3.1.4.7 มีความรู้ความเข้าใจและสามารถอ่านเอกสารสัญญาได้อย่างชัดเจน เพื่อจะได้เตรียมราบละเอียดของงานก่อสร้างได้ตรงตามความต้องการที่จะระบุในเงื่อนไขสัญญา

3.1.4.8 มีปฏิภาณไหวพริบ รู้จักที่จะประยุกต์วิธีและขั้นตอนการประมาณราคาให้รวดเร็วถูกต้อง

3.1.5 แหล่งข้อมูล

สิ่งหนึ่งที่ช่วยลดค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณราคาได้ก็คือ การมีความพร้อมของข้อมูลด้านต่างๆที่ใช้ประกอบการพิจารณาประมาณราคาด้นทุนการก่อสร้าง ข้อมูลดังกล่าวเป็นทั้งข้อมูลทางด้านอัตราค่าแรงงานราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างรวมทั้งราคาเครื่องมือเครื่องจักรต่างๆ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะจัดหาได้จากแหล่งข้อมูลใหญ่ๆ 2 ประเภท คือ แหล่งข้อมูลประเภทบุคคล และแหล่งข้อมูลประเภทเอกสาร

3.1.5.1 แหล่งข้อมูลประเภทบุคคล

โดยทั่วไปจะเป็นข้อมูลในงานก่อสร้าง ที่จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์ทางด้านวิชาชีพของแต่ละบุคคล ข้อมูลเหล่านี้จะไม่ค่อยพบในตำราหรือเอกสารใดๆจะเป็นข้อมูลเฉพาะตัวที่ใช้ถ่ายทอดจากประสบการณ์ ข้อมูลประเภทนี้ได้แก่ การประมาณราคาทางด้านความเสียหาย หรือการสูญเสียวัสดุก่อสร้างบางประเภท การคิดวัสดุเผื่อเหลือเผื่อขาด การประมาณราคาด้านการกำหนดอัตราแรงงาน รวมทั้งอัตราการทำงานของคนแต่ละประเภท การคิดวัสดุเผื่อเหลือเผื่อขาด การประมาณการด้านการกำหนดอัตราแรงงาน รวมทั้งอัตราการทำงานของคนงานแต่ละประเภท ทั้งนี้ข้อมูลประเภทเดียวกันนี้ของแต่ละองค์กรก็อาจไม่เท่าทันกันก็ได้ ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการทำงานของผู้บริหารงานก่อสร้างและคนงาน

3.1.5.2 แหล่งข้อมูลประเภทเอกสาร

โดยทั่วไปเป็นรายละเอียดทางด้านราคาวัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้าง ซึ่งอาจจัดหาได้จากใบรายการราคาของร้านค้าหรือตัวแทนจำหน่ายวัสดุอุปกรณ์ การก่อสร้างชนิดนั้นๆใบสรุปรายการราคาวัสดุก่อสร้างประจำเดือนซึ่งจัดพิมพ์ลงในวารสารทางด้านช่าง และวงการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 ประเภทของงานก่อสร้าง

3.1.6.1 งานก่อสร้างที่พักอาศัย

ได้แก่งานก่อสร้างอาคารที่เกี่ยวกับการพักอาศัยแบบต่างๆ โดยอาจจำแนกได้ดังนี้คือ บ้านเดี่ยว บ้านแถวหรือทาวน์เฮาส์ บ้านเป็นลักษณะชุดพักอาศัย หรือห้องเช่า ซึ่งอาจเป็นอาคารขนาดใหญ่หรือขนาดเล็ก

3.1.6.1 งานก่อสร้างเพื่อธุรกิจการค้า

ในงานก่อสร้างประเภทนี้ จะเน้นอาคารสำหรับประกอบธุรกิจการค้า ได้แก่ ศูนย์การค้า อาคารสำนักงาน ทั้งนี้รวมทั้งอาคารขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่จะเป็นงานของภาคเอกชนเป็นผู้ลงทุนในโครงการประเภทนี้ ผู้ออกแบบจะทำ โดยสถาปนิกหรือวิศวกร ผู้เชี่ยวชาญในแต่ละระบบตั้งแต่งานโครงสร้างระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง ระบบไฟฟ้าและสื่อสาร ระบบปรับอากาศและระบบอื่นๆ ส่วนงานก่อสร้างมักจะมีผู้รับเหมางานก่อสร้างหลัก (Main Contractor) ทำงานในงานโครงสร้าง และสถาปัตยกรรม โดยมีผู้รับเหมาช่วงหรือผู้รับเหมาชำนาญเฉพาะทางในแต่ละระบบต่างๆเข้าทำงานในแต่ละส่วน

3.1.6.3 งานก่อสร้างขนาดใหญ่หรืองานด้านสาธารณูปโภค

งานในส่วนนี้จะใช้เงินลงทุนค่อนข้างสูง และเป็นงานที่ต้องการใช้เครื่องจักรหนักมาก ได้แก่งานสร้างโครงข่ายถนนทางหลวงจังหวัด อุโมงค์ หรือเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำ ท่าเรือ เป็นต้น โดยผู้ลงทุนมักเป็นหน่วยราชการหรือองค์การของรัฐ

3.1.6.4 งานก่อสร้างด้านอุตสาหกรรม

งานก่อสร้างด้านนี้หมายถึง งานก่อสร้างเกี่ยวกังอาคาร โรงแรม ออกแบบการติดตั้งเครื่องมือเครื่องจักร เช่น งานก่อสร้างโรงกลั่นน้ำมัน โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนหรือพลังงานนิวเคลียร์ หรือโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เป็นต้น

3.1.7 กระบวนการงานก่อสร้าง

ในการเริ่มโครงการก่อสร้างนั้น จะมีแนวคิดมาจากเจ้าของโครงการ ซึ่งอาจจะเป็นภาครัฐหรือภาคเอกชนเมื่อเจ้าของโครงการมีความคิดริเริ่มจะลงทุนในโครงการก่อสร้าง หลังจากได้ศึกษาด้านการลงทุนขั้นต้นแล้วก็จำเป็นที่จะต้องปรึกษาผู้ออกแบบ ที่เจ้าของโครงการให้ความไว้วางใจในผลงานและประสบการณ์ผู้ออกแบบจะเป็นผู้แปลความคิด และความต้องการของเจ้าของโครงการออกมาเป็นรูปธรรมภายใต้เงื่อนไขของกฎหมายควบคุมอาคาร และสภาพแวดล้อม รวมถึงเงื่อนไขอื่นๆทั้งนี้ผู้ออกแบบจะจัดทำแบบร่าง เพื่อให้เจ้าของได้ศึกษาในขั้นรายละเอียดมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเจ้าของได้ศึกษาข้อมูลการประมาณราคาเบื้องต้น ซึ่งผู้ออกแบบได้จัดเตรียมเพื่อประกอบกับการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการลงทุนที่ละเอียดขึ้น จนมั่นใจว่าโครงการจะสามารถดำเนินไปได้ทั้งด้านการตลาดผลตอบแทนการลงทุน

3.1.8 วิธีการประมาณราคาก่อสร้าง

3.1.8.1 การประมาณราคาขั้นต้น

เป็นการประมาณราคาในขณะที่รูปแบบและรายการยังไม่สมบูรณ์เรียบร้อย หรืออยู่ในช่วงที่กำลังวางแนวคิดของ โครงการเบื้องต้นในกรณีนี้การประมาณราคาจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์และการตัดสินใจที่ผ่านมาของผู้ประมาณราคาที่มีต่องานลักษณะเดียวกันนี้

การประมาณราคาอย่างหยาบนี้ใช้กับการวางแผนโครงการทุกประเภท ในการวางแผนโครงการขั้นต้น เจ้าของโครงการต้องการทราบถึงต้นทุนโครงการอย่างคร่าวๆ เพื่อประกอบการพิจารณาในด้านต่างๆ เพื่อจะเตรียมการและวางแผนจัดการด้านงบประมาณเบื้องต้นก่อน จนกระทั่งได้มีการออกแบบและพัฒนาแบบรูปและรายการละเอียดให้ก้าวหน้าสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงมีการประมาณราคาอย่างละเอียดตามมาอีกครั้งหนึ่ง

โดยทั่วไปการประมาณราคาอย่างหยาบจะแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

1. ประมาณตามลักษณะงาน
2. ประมาณราคาด้วยตัวแปร
3. ประมาณราคาด้วยแฟคเตอร์

3.1.8.2 การประมาณราคาอย่างละเอียด

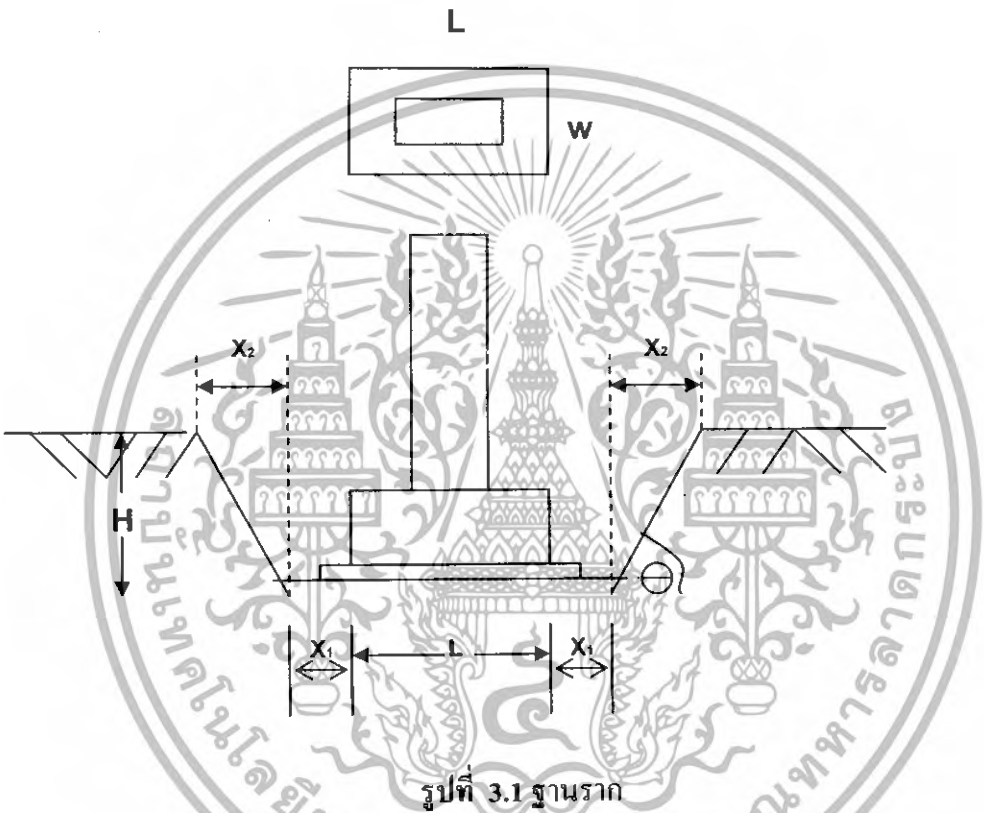
ผู้ในความรับผิดชอบของผู้รับเหมา ที่มีวัตถุประสงค์ในการประมาณราคาเพื่อเข้าร่วมประกวดราคา ในขั้นนี้ผู้ประมาณราคาจะมีแบบรูป และรายการละเอียดครบถ้วนสมบูรณ์ รวมทั้งมีการกำหนดช่วงเวลาและระยะเวลาก่อสร้างไว้แน่นอนแล้ว ก่อนประมาณราคาควรมีการเข้าไปสำรวจสถานที่ตั้งที่จะทำการก่อสร้าง เพื่อทราบถึงลักษณะเฉพาะของสถานที่ก่อสร้างนั้นก่อน โดยควรมีการประชุมผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เพื่อวางแผนดำเนินงานก่อสร้าง กำหนดผู้รับผิดชอบในแต่ละหน้าที่ จัดเตรียมเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ และผู้ประมาณราคาจะต้องติดต่อกับผู้แทนจำหน่ายวัสดุก่อสร้างหลักต่างๆรวมทั้งผู้รับเหมาช่วงสำหรับงานแต่ละประเภท เพื่อประสานงานในเบื้องต้นก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.9 การประมาณราคางานฐานราก

3.1.9.1 การคำนวณปริมาตรงานดินขุด

คิดปริมาณเป็นลูกบาศก์เมตร เมื่อทราบขนาดของฐานรากแล้ว เราจะต้องทำการขุดดิน เพื่อที่จะวางไม้แบบฐานราก ทำการผูกเหล็ก และทำการเทคอนกรีตฐานรากลงไป ซึ่งการขุดดินเราจะต้องเผื่อสำหรับพื้นที่ทำงานได้อย่างสะดวกด้วย



รูปที่ 3.1 ฐานราก

A_1 = พื้นที่ปากหลุมฐานราก

A_2 = พื้นที่ก้นหลุมฐานราก

H = ความสูงในการขุดฐานราก

T = ความสูงของฐานราก

W = ความกว้างฐานราก

L = ความยาวของฐานราก

\# = จำนวนฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรปริมาณดินขุด $V_{exc} = [(A_1 + A_2)/2]*H*\#$

$A_2 = (W+2X_1)*(L+2X_1)$

$A_1 = (W+2X_1+2X_2)*(L+2X_1+2X_2)$

3.1.9.2 ปริมาตรดินถม

หน่วย ลูกบาศก์เมตร

สูตร $V_{bakf} = V_{exc} - V_{con} - V_{col} - V_{sand} - V_{lean}$

V_{bakf} = ปริมาตรดินถม

V_{exc} = ปริมาตรดินขุด

V_{con} = ปริมาตรคอนกรีตของฐานราก

V_{col} = ปริมาตรคอนกรีตของเสาตอม่อ

V_{sand} = ปริมาตรของทรายอัดแน่น

V_{lean} = ปริมาตรของคอนกรีตหยาบ

ข้อควรระวัง

X_1, X_2 ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดิน ต้องพิจารณาความลาดเอียงของไหล่หลุม สภาพที่ดินสามารถคงตัวอยู่ได้โดยไม่พังทลาย พึงระวังสภาพพื้นที่และฤดูกาล มีผลต่อระยะ X_1, X_2 และขึ้นอยู่กับค่า H ในที่นี้กำหนดให้ X_1 มีค่าอยู่ที่ 20-30 cm และ X_2 = 0.6 m ในกรณีที่ H = 1.00-1.50 m

3.1.9.3 ปริมาตรทรายอัดแน่น

หน่วย ลูกบาศก์เมตร

สูตร $V_{sand} = A_1 * T_{sand} * \# * \%$เผื่อ

V_{sand} = ปริมาณทรายอัดแน่น

T_{sand} = ความหนาของทรายอัดแน่น

%เผื่อ = 1.30-1.40 เผื่อค่าการยุบตัวของทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.9.4 ปริมาณคอนกรีตหยาบ

งานคอนกรีตหยาบมีหน้าที่

1. รองใต้งานคอนกรีตให้ส่วนของงานคอนกรีตมีส่วนแข็งแรง มีความหนาตามที่ออกแบบ

2. ทำการแบ่งช่วงไม่ให้เนื้อคอนกรีตสัมผัสกับดินก้นหลุม

3. ทำหน้าที่รัดหัวเสาเข็มไว้

4. ทำให้สามารถวางแบบหล่อได้ง่ายขึ้นและทำงานได้สะดวกขึ้นซึ่งมีความหนาอยู่ที่ประมาณ 0.05-0.10 เมตร และยื่นออกจากส่วนขอบของฐานราก 0.10-0.15 เมตร

หน่วย ลูกบาศก์เมตร

สูตร $V_{lean} = (W+0.1)*(L+0.1)*(T_{lean})*\#$

T_{lean} = ความหนาของคอนกรีตหยาบ

3.1.9.5 ปริมาตรคอนกรีตฐานราก

คอนกรีตฐานรากมีไว้สำหรับรับแรงกระทำจากเสา แล้วกระจายแรงไปสู่เสาเข็มและฐานรากจะครอบหัวเข็มไว้ซึ่งบางทีในการตกเข็มนั้น ทำให้หัวเข็มแตกบ้าง ร้าวบ้าง หรือดอกผิดศูนย์ซึ่งจำเป็นที่ต้องมีฐานราก

การคำนวณหาปริมาณคอนกรีตฐานราก ใช้หลักการคำนวณแบบหาปริมาตรรูปแท่ง คือ นำความยาวคูณความกว้างคูณความหนาหรือความลึก ผลที่ได้คือปริมาตร แล้วนำไปคูณกับฐานรากทั้งหมดของแต่ละชนิด

หน่วย ลูกบาศก์เมตร

สูตร $V_{con} = W*L*T*\#$

3.1.9.6 ปริมาณแบบหล่อฐานราก

แบบหล่อฐานรากมีความสำคัญมาก ถ้าแบบหล่อไม่มั่นคง ก็จะทำให้การเทคอนกรีตไม่ได้ปริมาตรหรือความสูง ความยาวตามแบบดังนั้นเราควรที่จะทำให้แบบหล่อมีความมั่นคงอย่างมาก ซึ่งแบบหล่อมีทั้งเป็นเหล็ก และไม้ซึ่งเราจะใช้แบบหล่อชนิดใด ขึ้นอยู่กับความประหยัดเป็นสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณประมาณราคาแบบหล่อนั้นยุ่งยากมาก เราจะต้องทำความเข้าใจในการดั้งแบบหล่อ และเขียนรูปร่างของแบบหล่อให้ได้ จึงจะสามารถคำนวณปริมาณแบบหล่อที่แท้จริงได้ดังนั้นเราจะคิดแค่พื้นที่ของแบบหล่อเท่านั้น

หน่วย ตารางเมตร

สูตร $A_{fw} = 2(W+L)*T*\#$

3.1.9.7 ปริมาณน้ำหนักเหล็กเสริม (คิดเป็นกิโลกรัม)

สำหรับเหล็กเสริมฐานรากมีการคำนวณอยู่โดยทั่วไป 2 ชนิดคือเหล็กแกนตะแกรง และเหล็กรัดรอบสำหรับความยาวของเหล็กนั้น เราจะต้องทำความเข้าใจกับแบบก่อนว่าฐานรากมีลักษณะเช่นไร และมีขนาดเท่าใด

ความยาวของเหล็กแกน จะเท่ากับความยาวตามขนาดของแต่ละด้าน ถ้าแต่ละด้านของฐานรากไม่เท่ากันแล้ว ความยาวของเหล็กแกนก็ไม่เท่ากัน ซึ่งความยาวนั้นจะต้องหักระยะ covering ข้างละ 0.05 เมตร แล้วบวกเพิ่มกับความยาวของการงอขอโดยเท่ากับ 40 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก

ความยาวเหล็กรัดรอบ การคิดก็เช่นเดียวกับเหล็กแกน ซึ่งดูตามแบบขยายฐานรากได้การคำนวณปริมาณเหล็กโดยใช้หน่วยกิโลกรัม

น้ำหนักเหล็ก = ความยาวรวม (เมตร)*%เผื่อ*น้ำหนักกิโลกรัมต่อเส้น*จำนวนท่อน*จำนวนฐานราก

3.1.10 การประมาณราคางานเสา คสล.

3.1.10.1 การคิดปริมาณคอนกรีตเสา

หน่วย ลูกบาศก์เมตร

สูตร $V_{con} = W*L*H*\#$ กรณีเสาสี่เหลี่ยม

$V_{con} = ¶*R^2*H*\#$ กรณีเสากลม

โดยที่

W = ความกว้างของหน้าตัดเสา

L = ความยาวของหน้าตัดเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H = ความสูงของเสาในแต่ละชั้น

R = รัศมีของหน้าตัดเสากลม

= จำนวนของเสาแต่ละเบอร์ ที่มีความสูงเท่ากันในแต่ละชั้น

3.1.10.2 การคิดปริมาณไม้แบบเสา

หน่วย ตารางเมตร

สูตร A_{fw} = 2*(W+L)*H*# กรณีเสาสี่เหลี่ยม

A_{fw} = 2*¶*R*H*# กรณีเสากลม

3.1.10.3 การคิดปริมาณเหล็กเสริม (คิดเป็นกิโลกรัม)

สำหรับเหล็กเสริมเสามีการคำนวณอยู่โดยทั่วไป 2 ชนิด คือเหล็กแกน และเหล็กรัดรอบสำหรับความยาวของเหล็กนั้น เราจะต้องทำความเข้าใจกับแบบก่อนว่าเสามีลักษณะเช่นไร และมีขนาดเท่าใด

ความยาวของเหล็กแกน จะเท่ากับความยาวตามขนาดของความยาวเสา ซึ่งความยาวนั้นจะต้องหักระยะ covering ข้างละ 0.05 เมตร แล้วบวกเพิ่มกับความยาวของการงอขอโดยเท่ากับ 40 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก

ความยาวเหล็กรัดรอบ การคิดก็เช่นเดียวกับเหล็กแกน ซึ่งดูตามแบบขยายเสาได้

การคำนวณปริมาณเหล็กโดยใช้หน่วยกิโลกรัม

น้ำหนักเหล็ก = ความยาวรวม (เมตร)*%เผื่อ*น้ำหนักกิโลกรัมต่อเส้น*จำนวนท่อน*จำนวนเสา

3.1.11 การประมาณราคางานคาน คสล.

3.1.11.1 การคิดปริมาณคอนกรีตคาน

หน่วย ลูกบาศก์เมตร

สูตร V_{con} = W*D*L*#

72894
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

W = ความกว้างของหน้าดัดคาน

L = ความยาวของคาน

D = ความลึกของหน้าดัดคาน

= จำนวนของคานแต่ละเบอร์ ที่มีความยาวเท่ากันในแต่ละชั้น

3.1.11.2 การคิดปริมาณไม้แบบคาน

หน่วย ตารางเมตร

สูตร A_{fw} = [2*(L*H)+(L*W)]*#

3.1.11.3 การคิดปริมาณเหล็กเสริม (คิดเป็นกิโลกรัม)

สำหรับเหล็กเสริมคานมีการคำนวณอยู่โดยทั่วไป 2 ชนิด คือเหล็กแกน และเหล็กรัดรอบสำหรับความยาวของเหล็กนั้น เราจะต้องทำความเข้าใจกับแบบก่อนว่าคานมีลักษณะเช่นไร และมีขนาดเท่าใด

ความยาวของเหล็กแกน จะเท่ากับความยาวตามขนาดของความยาวคาน ซึ่งความยาวนั้นจะต้องหักระยะ covering ข้างละ 0.05 เมตร แล้วบวกเพิ่มกับความยาวของการงอขอโดยเท่ากับ 40 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก

ความยาวเหล็กรัดรอบ การคิดก็เช่นเดียวกับเหล็กแกน ซึ่งดูตามแบบขยายคานได้

การคำนวณปริมาณเหล็กโดยใช้หน่วยกิโลกรัม

น้ำหนักเหล็ก = ความยาวรวม (เมตร)*%เผื่อ*น้ำหนักกิโลกรัมต่อเส้น*จำนวนท่อน*จำนวนคาน

3.1.12 การประมาณราคาพื้น คสล.

3.1.12.1 การคิดปริมาณงานขุดดิน – ถมดิน

หน่วย ตารางเมตร

สูตร V_{exc} = W*L*H_1*#

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V_{backf} = $(W*X_1)+(L*X_2)*H_2*\#$

X_1 = ระยะขอบเผื่อดินถมจากแนวพื้น ในด้านกว้าง

X_2 = ระยะขอบเผื่อดินถมจากแนวพื้น ในด้านยาว

H_1 = ระยะความลึกดินขุด

H_2 = ระยะความสูงดินถม

3.1.12.2 การคิดปริมาณทรายหยาบและคอนกรีตหยาบ

หน่วย ลูกบาศก์เมตร

สูตร V_{sand} = $W*L*t_1*\#*\%$เผื่อ

V_{lean} = $W*L*t_2*\#$

โดยที่

t_1 = ความหนาของทรายหยาบบดอัดแน่น หากไม่ระบุให้ใช้ค่า 0.10-0.15 เมตร

t_2 = ความหนาของทรายหยาบบดอัดแน่น หากไม่ระบุให้ใช้ค่า 0.05 เมตร

3.1.12.3 การคิดปริมาณคอนกรีตพื้น

หน่วย ลูกบาศก์เมตร

สูตร V_{con} = $W*L*t*\#$

โดยที่

W = ความกว้างของพื้น

L = ความยาวของพื้น

t = ความหนาของพื้น slab (หรือของ topping – ของพื้นสำเร็จรูป)

3.1.12.4 การคิดปริมาณไม้แบบพื้น

หน่วย ตารางเมตร

สูตร A_{fw} = $W*L*\#$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.12.5 การคิดงานเหล็กเสริม

สำหรับเหล็กเสริมพื้นมีการคำนวณอยู่โดยทั่วไป 2 ชนิด คือเหล็กแกน และเหล็กรัดรอบสำหรับความยาวของเหล็กนั้น เราจะต้องทำความเข้าใจกับแบบก่อนว่าพื้นมีลักษณะเช่นไร และมีขนาดเท่าใด

ความยาวของเหล็กแกน จะเท่ากับความยาวตามขนาดของความยาวพื้น ซึ่งความยาวนั้นจะต้องหักระยะ covering ข้างละ 0.05 เมตร แล้วบวกเพิ่มกับความยาวของการงอขอโดยเท่ากับ 40 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก

ความยาวเหล็กรัดรอบ การคิดก็เช่นเดียวกับเหล็กแกน ซึ่งดูตามแบบขยายพื้นได้ การคำนวณปริมาณเหล็กโดยใช้หน่วยกิโลกรัม

น้ำหนักเหล็ก = ความยาว รม (เมตร)*%เผื่อ*น้ำหนักกิโลกรัมต่อเส้น*จำนวนท่อน

3.1.13 การประมาณราคาบันได คสล.

3.1.13.1 การคิดปริมาณคอนกรีต

หน่วย ลูกบาศก์เมตร

สูตร $V_{con1} = W*L*t$

โดยที่

V_{con1} = ปริมาตรคอนกรีตของช่องชานพักและท้องแบนราบ

W = ความกว้างบันได

L = ความยาวช่วงบันได (จากชั้นล่าง ⟶ ชานพัก+ชานพัก ⟶ ชั้น 2)

t = ความหนาของพื้นบันได

สูตร $V_{con2} = ½*W*l_1*t_1*\#$

โดยที่

V_{con2} = ปริมาตรคอนกรีตเฉพาะลูกตั้งและลูกนอน

l_1 = ความยาวลูกนอน

t_1 = ความสูงลูกตั้ง

\# = จำนวนลูกตั้งและลูกนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.13.2 การคิดปริมาณไม้แบบ

หน่วย ตารางเมตร

สูตร A_{fw1} = พื้นที่ท้องบันได+พื้นที่ข้างบันได 2 ข้าง

$= (W*L) + 2(t*L)$

A_{fw2} = (พื้นที่ลูกตั้ง + พื้นที่ปิดด้านข้างลูกตั้ง)*จำนวนลูกตั้ง

$= [(b_t*w_t) + (1/2*l_t*t_t*2)*\#$

3.1.13.3 การคิดงานเหล็กเสริม

การคำนวณปริมาณเหล็กโดยใช้หน่วยกิโลกรัม

น้ำหนักเหล็ก = ความยาวรวม (เมตร)*%เผื่อ*น้ำหนักกิโลกรัมต่อเส้น*จำนวนท่อน

3.2 Excel

โปรแกรม Excel เป็นหนึ่งในโปรแกรมหลักของโปรแกรมชุด Microsoft Office XP ซึ่งประกอบไปด้วยโปรแกรม Microsoft Word, Microsoft Power Point, Microsoft Outlook และโปรแกรม Microsoft Excel

ในขณะที่โปรแกรม Microsoft Word เหมาะสำหรับการสร้างเอกสารทั่วไป เช่น จดหมายและเขียนบทความ ส่วนโปรแกรม Microsoft PowerPoint ก็เหมาะสำหรับสร้างงานนำเสนอ สำหรับนักขายและนักการตลาด โปรแกรม Excel ก็เหมาะสำหรับผู้ที่มีข้อมูลในมือมากๆ และต้องการจัดการคำนวณผลลัพธ์ สร้างกราฟและทำนายผลลัพธ์ของข้อมูลเหล่านั้น

โปรแกรมประเภท Excelนี้ เรียกว่าโปรแกรมประเภท "สเปรดชีท (Spreadsheet) ซึ่งนอกจาก Excel แล้วยังมีโปรแกรมประเภทสเปรดชีทอื่นๆ ที่ได้รับความนิยมอยู่อีกหลายโปรแกรม เช่น โปรแกรม Lotus 1-2-3 และโปรแกรม SPSS เป็นต้น แต่ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดก็เห็นจะได้แก่ Excel นี่เอง เนื่องจากใช้งานได้ง่าย และมีความสามารถหลากหลาย เหมาะกับการใช้งานทั่วไป

โปรแกรม Excel ช่วยให้คุณคำนวณตัวเลขที่ใส่ลงในตารางได้ง่ายๆ ตั้งแต่คณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐาน จนถึงสูตรทางการเงินที่ซับซ้อน และนอกจากนี้ เรายังสามารถใช้โปรแกรม Excel ในการจัดกลุ่มข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สร้างรายงานและสร้างกราฟได้อีกด้วย

โปรแกรม Excel มีประโยชน์กับผู้คนทุกสาขาอาชีพ ไม่ว่าจะเป็นนักบัญชี ซึ่งสามารถนำโปรแกรม Excel มาช่วยในการคำนวณงบดุลการเงินได้ นอกจากที่กล่าวมาข้างต้นแล้วโปรแกรม Excel ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆได้มากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ส่วนประกอบของ โปรแกรม Excel

เมื่อคลิกปุ่ม Start แล้วเลือก Program > Microsoft Excel คุณจะพบกับโปรแกรม Excel

- แถบชื่อเรื่อง (Title bar) เป็นส่วนแสดงว่าเราใช้โปรแกรม Excel แสดงไฟล์อะไร

- ปุ่มควบคุมโปรแกรม (Control button) ใช้ควบคุมขนาดหน้าต่างของโปรแกรม เช่น ย่อ ขยาย และปิด

- แถบเมนู (Manu bar) เป็นที่รวบรวมคำสั่งการใช้งานโปรแกรม Excel ทั้งหมด

- แถบเครื่องมือ (Tool bar) เป็นการนำเอาคำสั่งที่ใช้บ่อยๆ มาสร้างเป็นปุ่ม เพื่อให้สะดวกต่อการเรียกใช้งาน

- แถบสูตร (Formula bar) เป็นแถบที่ใช้สำหรับให้เราสร้างสูตรคำนวณข้อมูล

- ชีท (Sheet) เป็นพื้นที่ทำงานของเรา มีลักษณะเป็นตาราง โดยแต่ละช่องตารางจะเรียกว่า เซลล์ "Cell"

- แถบสถานะ (Status bar) ใช้แสดงสภาวะต่างๆ ของโปรแกรม เช่น การกดปุ่มพิเศษ และการพิมพ์งานออกทางพริ้นเตอร์ เป็นต้น

- ผู้ช่วย (Excel Assistance) คือ ผู้ช่วยทำงานของคุณ มีรูปเป็นตัวการ์ตูนซึ่งจะบอกสิ่งที่อาจจะเป็นประโยชน์กับคุณ แต่บางครั้งผู้ช่วยก็บังพื้นที่ทำงานจนดูเกะกะ ดังนั้นเราจึงมักปิดผู้ช่วยทิ้งไป

- แถบงาน (Task bar) คือ หน้าต่างที่มีความสามารถในการจดจำไฟล์ที่เราเคยเปิด และแสดงไฟล์ที่อาจจะพัง เพื่อให้เราเลือกแก้ไขปัญหาได้

3.2.2 ส่วนประกอบของชีท

- เซลล์ (Cell) เป็นช่องสำหรับใส่ข้อมูล ภายในหนึ่งเซลล์จะมีข้อมูลเพียงแค่ตัวเดียวโดยข้อมูลจะเป็นตัวเลข ตัวอักษร ข้อความ หรือสูตรก็ได้

- ตำแหน่งกรอกข้อมูล (Cell Pointer) ตำแหน่งกรอกข้อมูลจะเป็นเซลล์ที่มีกรอบสีเข้มกว่าเซลล์เป็นพิเศษ เซลล์นี้เป็นเซลล์ที่ถูกเราเลือกว่าจะแก้ไข หากคุณพิมพ์ข้อมูลลงไป เซลล์นี้จะถูกแก้ไขทันที

- คอลัมน์ (Column) คือ ช่องข้อมูลที่เรียงอยู่ทางแนวตั้ง ในโปรแกรม Excel มีทั้งหมด 256 คอลัมน์

- หัวคอลัมน์ (Column heading) คือชื่อของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้ง ในโปรแกรม Excel จะใช้อักษรภาษาอังกฤษเป็นชื่อคอลัมน์ เริ่มตั้งแต่ A,B,C ถึง Z แล้วต่อด้วย AA,AB,AC ไปจนถึง IV

- แถว (Row) ช่องข้อมูลที่เรียงอยู่ในแนวนอนเดียวกัน ในโปรแกรม Excel มีได้ทั้งหมดถึง 65,536 แถว

- หัวแถว (Row heading) คือ ชื่อที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันในโปรแกรม Excel ใช้ตัวเลขแทนชื่อของแถว เริ่มตั้งแต่ 1 ไปจนถึง 65,536 แถว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แถบเลื่อน (Scroll bar) เป็นส่วนใช้เลื่อนดูส่วนของชีทที่ไม่สามารถแสดงได้หมดในหน้าจอเดียวแถบนี้มีทั้งในแนวตั้งและแนวนอน

- ป้ายชื่อของชีท (Sheet tab) ใช้แสดงชื่อของชีทที่เราแสดงอยู่ตอนนี้

3.3 มาตรฐาน วสท.

3.3.1 ข้อกำหนดของมาตรฐาน ว.ส.ท.

ฐานเสาและฐานรากไม่เสริมเหล็ก

(ก) สำหรับฐานซึ่งรับน้ำหนักร่วมศูนย์ หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ต่อเนื้อที่ทั้งหมดจะต้องไม่เกิน 0.25fc. เมื่อรับน้ำหนักใช้งาน ถ้าหน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้นเกินกว่าที่กำหนดไว้นี้ให้คำนวณออกแบบองค์อาคารดังกล่าว เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก

(ข) ความกว้างและความลึกของฐานเสา หรือฐานรากที่ไม่เสริมเหล็ก จะต้องไม่ทำให้แรงดึงในคอนกรีตอัดเกิดจากแรงตัดเกินกว่า 0.424

ความหนาต่ำสุดของขอบฐานราก

(ก) ในฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก ความหนาของคอนกรีต ส่วนที่อยู่เหนือเหล็กเสริมที่ขอบนอกของฐานจะต้องไม่น้อยกว่า 15 ซม.

(ข) ในฐานรากคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก ความหนาของคอนกรีตที่ขอบนอกของฐานต้องไม่น้อยกว่า 20 ซม. สำหรับฐานรากที่รองรับด้วยดิน หรือไม่น้อยกว่า 35 ซม. จากหัวเข็มสำหรับฐานรากที่รองรับด้วยเข็ม

3.3.2 ข้อกำหนดของมาตรฐาน ว.ส.ท. ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการให้รายละเอียดเสา

1. พื้นที่หน้าตัดของเหล็กยืนสำหรับเสาจะต้องไม่น้อยกว่า 1% และไม่เกิน 8% ของพื้นที่หน้าตัดของเสา (Ag) ขนาดของเหล็กที่ยืนต้องไม่เล็กกว่า 12 มม. จำนวนของเหล็กยืนจะต้องไม่น้อยกว่า 6 เส้น ในเสากลม และไม่น้อยกว่า 4 เส้น สำหรับเสาเหลี่ยม
2. ช่องว่างระหว่างเหล็กยืนของเสา ต้องไม่น้อยกว่า 1(1/2) เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็ก หรือ 1(1/2) เท่าของมวลหยาบใหญ่สุด หรือ 4 ซม.
3. ในเสาปลอกเดี่ยว เหล็กยืนทุกเส้นจะต้องมีเหล็กปลอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ไม่เล็กกว่า 6 มม. พันโดยรอบโดยมีระยะเรียงของเหล็กปลอกไม่ห่างกว่า

    ก. 16 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กยืน

หรือ ข. 48 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กปลอก

หรือ ค. มิติที่เล็กที่สุดของเสานั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และต้องจัดให้มุมของเหล็กปลอกยึดเหล็กยืนตามมุมทุกมุม

4. เหล็กปลอกเกลียว จะต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 6 มม. พันต่อเนื่องสม่ำเสมอ ระยะเรียงศูนย์ถึงศูนย์ของเหล็กปลอกเกลียว จะต้องไม่เกิน

ก. 1/6 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางของแกนคอนกรีต

หรือ ข. ไม่ห่างกว่า 7 ซม.

หรือ ค. ไม่แคบกว่า 3 ซม.

หรือ ง. ไม่แคบกว่า1(1/2) เท่าของขนาดมวลรวมหยาบที่ใช้

5. การใส่เหล็กปลอกเกลียว ต้องพันตลอดตั้งแต่ระดับพื้น หรือจากส่วนบนสุดของฐานรากขึ้นไปถึงระดับเหล็กเสริมเส้นล่างสุดของชั้นเหนือกว่าเช่นในแผ่นพื้นในแป้นหัวเสา หรือ ในคาน ในเสาที่มีหัวเสา จะต้องพันเหล็กปลอกเกลียวขึ้นไปจนถึงระดับที่หัวเสาขยายเส้นผ่าศูนย์กลาง หรือความกว้างโตเป็นสองเท่าของขนาดเสา

6. สำหรับเหล็กปลอกเกลียว หรือเหล็กปลอกเดี่ยวในเสา จะต้องมีความหนาของคอนกรีตห่อหุ้มซึ่งหล่อเป็นเนื้อเดียวกันไม่น้อยกว่า 3 ซม. หรือ 1(1/2)เท่าของขนาดมวลใหญ่สุด

7. เมื่อต่อเหล็กโดยวิธีทาบ ความยาวที่ทาบอย่างน้อยที่สุดจะต้องมีค่าดังต่อไปนี้ สำหรับคอนกรีตที่มีกำลังอัด 200 ksc. และสูงกว่านี้ ระยะทาบของเหล็กข้ออ้อยต้องไม่สั้นกว่า 20,24และ30 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กที่มีกำลังครากเท่ากับ 3,500 ลงไป 4,200 และ 5,200 ksc. ตามลำดับและต้องไม่น้อยกว่า 30 ซม. ถ้ากำลังอัดของคอนกรีตมีค่าต่ำกว่า 200 ksc. จะต้องเพิ่มระยะทาบอีกหนึ่งในสามของค่าข้างบนนี้

สำหรับเหล็กเส้นผิวเรียบ ระยะทาบอย่างน้อยจะต้องเป็นสองเท่าของค่าที่กำหนด ไว้สำหรับเหล็กข้ออ้อย

8. อาจใช้วิธีการต่อโดยวิธีเชื่อม หรือการต่อยึดปลายแบบอื่นๆ แทนการต่อโดยวิธีทาบกันได้ และถ้าหากขนาดเหล็กเส้นโตกว่า 25 มม. แล้ว ควรจะต่อด้วยวิธีเชื่อมหรือการต่อยึดปลายแบบอื่นๆมากกว่า สำหรับเหล็กเสริมที่รับแรงอัดแต่อย่างเดียวอาจถ่ายแรงด้วยการยันของหน้าตัดของปลายทั้งสองในลักษณะร่วมศูนย์และยึดด้วยปลอกยึดแบบอื่นๆก็ได้

การต่อโดยวิธีเชื่อมที่ถูกต้อง จะต้องให้รอยเชื่อมสามารถรับแรงดึงได้อย่างน้อยร้อยละ 125 ของกำลังครากของเหล็ก และไม่ควรต่อเหล็กที่ตำแหน่งเดียวกันเกิน 25 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เมื่อเหล็กเสริมติดเยื้องกันที่รอยต่อ ความลาดเอียงของเหล็กส่วนที่ตัดเยื้องเมื่อเทียบกับแกนต้องไม่เกิน 1 ต่อ 6

10. ในเสาปลอกเดี่ยว ปริมาณเหล็กที่ต่อทาบกันจะต้องมีอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดของเหล็กต่อคอนกรีตไม่เกิน 0.04 ในความยาว 1 เมตร ของเสาไม่ว่า จะเป็นช่วงใดหมายเหตุ โดยปกติที่ตำแหน่งใดๆ เหล็กเสริมตามแนวแกนของเสาจะต้องไม่เกิน 8 % ของพื้นที่หน้าตัดของเสา ดังนั้นที่จุดต่อทาบหากจำนวนเหล็กที่จะทาบกันมีจำนวนเท่ากัน และมีจำนวนเกิน 4 % ของพื้นที่หน้าตัดของเสาแล้ว เมื่อทาบกันจะมีจำนวนเกิน 8 % ซึ่งเกินมาตรฐาน ว.ส.ท. ยอมให้ ดังนั้น ว.ส.ท. จึงกำหนดมาตรฐานที่จุดต่อไว้ดังกล่าวข้างต้น

3.3.3 เกณฑ์บังคับสำหรับเหล็กเสริมรับแรงเฉือนตามมาตรฐาน ว.ส.ท.

1. ณ ที่ใดที่ต้องใช้เหล็กเสริมรับแรงเฉือน จะต้องจัดให้ระยะเรียงของเหล็กปลอกห่างไม่เกิน d/2 และหากว่าค่าหน่วยแรงเฉือน (shear stress) มีค่าเกินกว่า 0.795 fc กก./ตร.ซม. แล้วระยะเรียงจะต้องห่างกันไม่เกิน d/4

2. ณ ที่ใดที่ต้องใช้เหล็กเสริมรับแรงเฉือน (เหล็กปลอก) เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กปลอกณ ที่ดังกล่าว จะต้องไม่น้อยกว่า 0.0015 ของเนื้อที่ bs ซึ่งหาได้จากผลคูณของความกว้างของตัวคานและระยะเรียงของเหล็กปลอกตามความยาวของคาน

3.3.4 มาตรฐาน ว.ส.ท. เกี่ยวกับคาน (เฉพาะส่วนที่ควรรู้เพื่อการให้รายละเอียด)

1. ความลึกประสิทธิผล (effective depth) ของคาน d คือระยะระหว่างผิวนอกของคอนกรีตด้านที่รับแรงอัด (compression) ถึงศูนย์ถ่วง (center of gravity) ของพื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมรับแรงดึง

2. ขนาดรูปตัดของคานจะต้องจัดให้มีสัดส่วนความกว้างและความลึก ให้มากเพียงพอที่จะต้านทานการโก่ง (deflection) ของคาน ไม่ให้มากเกินกว่าค่าความโก่งที่ยอมให้ (allowable deflection) เช่น L/360 เป็นต้น

ในกรณีที่ไม่ได้ หรือไม่ต้องการคำนวณตรวจสอบค่าความโก่งแท้จริงที่เกิดขึ้นในคาน ความลึกของคานจะต้องถือเกณฑ์ไม่น้อยกว่าค่าดังต่อไปนี้

L/20 สำหรับคานช่วงเดียว

L/23 สำหรับคานที่มีปลายต่อเนื่องข้างเดียว

L/26 สำหรับคานที่มีปลายต่อเนื่องทั้ง 2 ข้าง

L/10 สำหรับคานยื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อัตราส่วนของเนื้อที่เหล็กเสริมรับแรงดึง ต่อเนื้อที่ประสิทธิผล ของคอนกรีตในคานสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือในคานขององค์อาคารที่มีปีก p จะต้องมีปริมาณไม่น้อยกว่า 14/fy (fy เป็นกำลังคราก , yield strength ของเหล็กเสริม มีหน่วย ksc) ยกเว้นในกรณีที่เหล็กเสริมในทุกช่วงของคาน ไม่ว่าจะเป็นเหล็กเสริมรับโมเมนต์บวกหรือลบก็ตาม มีปริมาณพื้นที่ของเหล็กเสริมมากกว่า 1(1/3) เท่าของพื้นที่เหล็กที่ต้องการจากการคำนวณ

3.3.5 มาตรฐาน ว.ส.ท. ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการให้รายละเอียด

1. สำหรับแผ่นพื้นไร้คานที่มีแป้นหัวเสา ซึ่งมีความยาวไม่น้อยกว่าหนึ่งในสามของช่วงที่ขนานกัน และส่วนที่อยู่ใต้แผ่นพื้นจะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่าหนึ่งในสี่ของความหนาพื้นแผ่นพื้นนั้นจะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า L/40 และไม่น้อยกว่า 10 ซม. สำหรับแผ่นพื้นไร้คานที่ไม่มีแป้นหัวเสา ความหนาแผ่นพื้นจะต้องไม่น้อยกว่า L/36 และไม่น้อยกว่า 12 ซม.

2. ที่หน้าตัดวิกฤติ (ห่างจากของเสาระยะ d/2) ระยะห่างของเหล็กเสริมแต่ละเส้นจะต้องไม่เกินสองเท่าของความยาวของแผ่นพื้น

3. ในช่วงนอกสุดของแผ่นพื้น ให้ต่อเหล็กเสริมบวก ซึ่งตั้งได้ฉากกับขอบที่ไม่มีการต่อเนื่องออกไปยังขอบของแผ่นพื้น และต้องมีระยะฝังตัวในคานขอบ ผนังหรือเสาอย่างน้อย 15 ซม. ทั้งนี้ยกเว้นเหล็กล่างส่วนที่ยึดติดกับแป้นหัวเสาอย่างแน่นหนาอยู่แล้ว และให้ยึดเหล็กเสริมลบทั้งหมด ซึ่งตั้งได้ฉากกับขอบที่ไม่มีการต่อเนื่อง เข้าในคานขอบผนังหรือเสาโดยวิธีงอเหล็กหรือวิธีอื่นๆ

4. เหล็กเสริมทั้งหมดที่กำหนดไว้ต้องไม่น้อยกว่า เหล็กเสริมกันการยืดหด (temperature steel)

5. ต้องจัดเหล็กให้เรียงสม่ำเสมอกันตลอดแถบของช่วงพื้นแต่ละแถบยกเว้น

ก. อย่างน้อยหนึ่งในสี่ของเหล็กเสริมลบในแถบเสา จะต้องผ่านระยะเส้นรอบรูปซึ่งอยู่ห่างจากขอบของเสาหรือหัวเสาเป็นระยะ d

ข. ในกรณีที่มีแป้นหัวเสา อย่างน้อยหนึ่งในสองของเหล็กเสริมลบในแถบเสา จะต้องผ่านระยะแป้นนั้น

ค. สำหรับเหล็กเสริมที่เหลือในแถบเสาจากข้อ ก. หรือ ข. ให้จัดระยะห่างจากการลดหลั่นกันจนเท่ากับระยะห่างของเหล็กเสริมในแถบกลาง

ช่องเปิดในแผ่นพื้นไร้คาน

1. ในแผ่นพื้นไร้คาน อาจจะเปิดช่องขนาดกว้างเท่าใดก็ได้ในเนื้อที่ร่วมระหว่างแถบกลางสองแถบตัดกัน แต่ทั้งนี้ต้องให้เหล็กเสริมมีปริมาณเท่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในเนื้อที่ร่วมระหว่างแถบเสาสองแถวตัดกัน จะเปิดช่องในช่วงใดๆ ก็ได้ไม่เกินหนึ่งในแปดของความกว้างของแถบในด้านนั้น และจะต้องเสริมเหล็กพิเศษโดยรอบของช่องเปิดให้มีปริมาณเท่ากับเหล็กส่วนที่ถูกตัดหายไป และต้องตรวจสอบไปให้หน่วยแรงเฉือนเกินค่าที่ยอมให้ได้

3. ในเนื้อที่ร่วมระหว่างแถบเสาหนึ่งแถบและแถบกลางหนึ่งแถบ อาจเปิดช่วงได้โดยให้ ตัดเหล็กออกได้ไม่เกินหนึ่งในสี่ของเหล็กในแถบนั้นๆ และจะต้องเสริมพิเศษโดยรอบของช่วงเปิดให้มีปริมาณเท่ากับเหล็กที่ถูกตัดหายไป

4. ถ้าช่องเปิดใดใหญ่กว่าที่ระบุไว้ข้างต้น จะต้องทำการวิเคราะห์เป็นพิเศษ

3.3.6 มาตรฐาน ว.ส.ท. ในส่วนที่เกี่ยวกับการให้รายละเอียดกำแพงดิน

1.ขนาดเหล็กเส้นที่ใช้เสริมกำแพง จะต้องไม่เล็กกว่า 9 มม. เหล็กเสริมเอกจะต้องมีระยะเรียงไม่ห่างกว่า 3 เท่า ของความหนาของผนัง หรือไม่เกิน 30 ซม.

2. ช่องว่างระหว่างเหล็กที่วางขนานกัน จะต้องไม่แคบกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมนั้นๆ หรือ 1(1/2) เท่าของขนาดใหญ่สุดของมวลหยาบ หรือ 2.5 ซม.

3. เนื้อที่เหล็กเสริมตามแนวราบของกำแพงจะต้องไม่น้อยกว่า 0.0025 ของพื้นที่หน้าตัดของผนังส่วนนั้นและสำหรับเหล็กเสริมในแนวดิ่งไม่น้อยกว่า 0.0015 แต่ถ้าใช้ตะแกรงลวดเชื่อมแทนให้ใช้ไม่น้อยกว่า $\frac{3}{4}$ ของค่าดังกล่าวแล้วจะต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าเบอร์ 10 ของ AS&W

4. ความหนาของคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม ในส่วนที่เทหล่อคอนกรีตลงกับดินโดยตรง (ไม่มีคอนกรีตหยาบ หรือไม้แบบ) จะต้องมีความหนาห่อหุ้มระหว่างผิวคอนกรีตที่ติดดินไม่น้อยกว่า 6 ซม. สำหรับคอนกรีตของส่วนที่เมื่อถอดแบบแล้วจะถูกแดดฝนหรือสัมผัสกับดิน เหล็กเสริมนั้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. ขึ้นไป ต้องมีความหนาห่อหุ้มไม่น้อยกว่า 5 ซม. และถ้าใช้เหล็กเสริมขนาดเล็กกว่า 15 มม. ลงมาต้องหุ้มไม่น้อยกว่า 3 ซม. และในทุกกรณีความหนาห่อหุ้มจะต้องไม่บางกว่าขนาดเส้าผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 เหล็กเส้นกลมเสริมคอนกรีต (มอก. 20-2527)

Diameter (mm.)	Weight (kg/m)	Area (sq.cm.)	Perimeter (cm.)
RB 6	0.22	0.28	1.89
RB 9	0.50	0.64	2.83
RB 12	0.89	1.13	3.77
RB 15	1.39	1.77	4.71
RB 19	2.23	2.84	5.97
RB 22	2.98	3.80	6.91
RB 25	3.85	4.91	7.86

ตารางที่ 3.2 เหล็กเส้นข้ออ้อยเสริมคอนกรีต (มอก. 24-2527)

Diameter (mm.)	Weight (kg/m)	Area (sq.cm.)	Perimeter (cm.)
DB 10	0.62	0.79	3.14
DB 12	0.89	1.13	3.77
DB 16	1.58	2.01	5.03
DB 20	2.47	3.14	6.29
DB 25	3.85	4.91	7.86
DB 28	4.83	6.16	8.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ความหนาคอนกรีต หุ้มเหล็กเสริมสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

ที่	องค์อาคารคอนกรีตหล่อในที่ (CONCRETE STRUCTURE)	ความหนาของคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม		
		มาตรฐาน ว.ส.ท.	ข้อบัญญัติ กทม.	มาตรฐาน AASHTO
1	ฐานราก และองค์อาคารสำคัญที่สัมผัสดินโดยตรง	7.5	6.0	7.5
2	องค์อาคารที่สัมผัสดินหรือถูกแดดฝน			
	-เหล็กเสริมหลักขนาดตั้งแต่ 16 มม.ขึ้นไป	5.0	4.0	5.1
	-เหล็กเสริมรองขนาดเล็กกว่า 16 มม.	4.0	3.0	3.8
3	องค์อาคารที่ไม่สัมผัสดินหรือถูกแดดฝน			
	-เหล็กเสริมหลัก	2.0	ไม่ระบุ	3.8
	-เหล็กเสริมรอง	-	ไม่ระบุ	2.5
	-แผ่นพื้นและผนัง	2.0	1.5	ไม่ระบุ
	-คาน	3.0	3.0	ไม่ระบุ
4	เสาที่มีเหล็กปลอกเดี่ยวหรือปลอกเดี่ยว	3.5**	3.0	ไม่ระบุ
5	แผ่นพื้นสะพานคอนกรีต			
	-เหล็กเสริมบน	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	5.0
	-เหล็กเสริมล่าง	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	2.5

**หรือไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของขนาดมวลรวมหยาบใหญ่ที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 ความหนาคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมสำหรับคอนกรีตสำเร็จรูป

ที่	องค์อาคารคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป (PRECASTED CONCRETE STRUCTURE)	ความหนาของคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม,ซม. มาตรฐาน ว.ส.ท.
1	คอนกรีตที่สำผัสกับดินหรือถูกฝนในแผ่นผนัง	
	-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 44 มม.ขึ้นไป	4.0
	-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มม.และเล็กกว่า	2.0
	ในองค์อาคารชนิดอื่น	
	-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 44 มม.ขึ้นไป	5.0
	-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 16 มม.ถึง 35 มม.	4.0
	-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม.และเล็กกว่า	3.0
2	คอนกรีตที่ไม่สัมผัสดินหรือไม่ถูกแดดฝน	
	ในแผ่นพื้น ผนัง และตง	
	-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 44 มม.ขึ้นไป	3.5
	-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มม.และเล็กกว่า	1.5
	ในคาน	
	-เหล็กเสริมหลัก เหล็กลูกตั้ง	2.5
	ในเสา	
	-เหล็กปลอกเดี่ยวหรือเหล็กปลอกเกลียว	3.0
	ในคอนกรีตเปลือกบาง และพื้นแผ่นพับ	
	-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 20 มม.ขึ้นไป	1.5
	-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม.และเล็กกว่า	1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ของอมาตรฐาน (มาตรฐาน วสท.และACI)

รูปที่ 3.2 งอขอ

(ก) ของอมาตรฐาน หมายถึง ส่วนปลายของเหล็กเสริมที่มีลักษณะตรงข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

1. ส่วนที่ดัดเป็นครึ่งวงกลม และมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย 4 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็ก
2. ส่วนที่ดัดเป็นมุมฉากและมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย 12 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็ก
3. เฉพาะเหล็กลูกตั้ง และเหล็กปลอกให้ดัด 90 องศา หรือ 135 องศา และมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย 6 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็ก แต่ต้องไม่น้อยกว่า 6 ซม.

(ข) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดสำหรับการดัด เส้นผ่านศูนย์กลางของการดัดเหล็กให้วัดด้านในของเหล็กที่ดัดสำหรับของอมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใช้ ต้องไม่เล็กกว่าค่าที่ให้ไว้ในตาราง นอกจากเหล็กกล้าละมุน และเหล็กชนิดปานกลางขนาด 6 มม. ถึง 25 มม. เท่านั้นที่ให้ใช้เท่ากับ 5 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้นได้

ตารางที่ 3.5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดสำหรับของการดัด

ขนาดของเหล็ก	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุด
10 ถึง 16 มม.	5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น
20 ถึง 28 มม.	6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น

(ค) ของอที่นอกเหนือจากของอมาตรฐาน

a. การดัดเหล็กลูกตั้งและเหล็กปลอก ต้องมีรัศมีที่วัดด้านในของเหล็กไม่น้อยกว่าหนึ่งเท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น

b. การดัดงอเหล็กอื่นๆ ต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางความโค้งเมื่อวัดด้านใน ไม่น้อยกว่าค่าที่ให้ไว้ในตาราง ถ้าการดัดงอนั้นกระทำ ณ จุดที่เหล็กมีหน่วยแรงสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของการงอต้องโตพอที่จะไม่ให้เกิดการอัดแตกของคอนกรีต

(ง) การดัดงอ-การดัดเหล็กทุกเส้นต้องใช้วิธีดัดเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
รายละเอียดและข้อกำหนดของแบบก่อสร้าง
ตามมาตรฐาน วสท.

4.1 ฐานราก(FOOTING)

ฐานรากเป็นองค์อาคารที่จะทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากเสาหรือกำแพงลงสู่ที่รองรับซึ่งอาจเป็นดินในกรณีที่ดินมีความสามารถรองรับแรงกดได้เป็นอย่างดีหรืออาจเป็นเข็มในกรณีที่ความสามารถในการรับแรงกดของดินไม่ดีพอ หลักเกณฑ์ในการออกแบบและก่อสร้างก็คือ ฐานรากทุกๆฐานควรออกแบบและก่อสร้างให้มีความแข็งแรง และ Rigid พอที่จะถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากฐานลงบนที่รองรับได้สม่ำเสมอและเท่าๆกัน การทรุดตัว (Settlement) ของทุกๆฐานควรให้มีได้น้อยมากและเท่าๆกัน ทั้งนี้เพื่อมิให้ Secondary moment เนื่องจากการทรุดตัวไม่เท่ากันเกิดขึ้น

โดยปกติ ผู้ออกแบบจะคำนวณให้ทุกๆฐานถ่ายน้ำหนักบรรทุกลงบนที่รองรับเท่าๆกัน เมื่อก่อสร้างครบตามที่ออกแบบไว้ แต่ในขณะก่อสร้างการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกให้กับที่รองรับอาจไม่เท่ากันได้เนื่องจากวิธีการก่อสร้าง ผู้ทำการก่อสร้างอาจก่อสร้างส่วนใด ส่วนหนึ่งได้เร็วเป็นพิเศษ ทำให้น้ำหนักถ่ายลงที่รองรับส่วนนั้นก่อนชั่วคราว ในกรณีนี้ถ้าน้ำหนักที่ถ่ายลงนั้นต่างกับฐานข้างเคียงมากๆ ก็อาจทำให้เกิดการทรุดตัวไม่เท่ากันชั่วคราวได้เหมือนกัน ผู้ออกแบบจึงควรคำนึงถึงวิธีการก่อสร้างไว้ด้วยหรืออาจกำหนดขั้นตอนการก่อสร้างไว้ในรายการก่อสร้างด้วยก็ได้

4.1.1 ประเภทของฐานราก ฐานรากอาจแบ่งออกตามลักษณะของที่รองรับได้เป็น 2ประเภท คือ

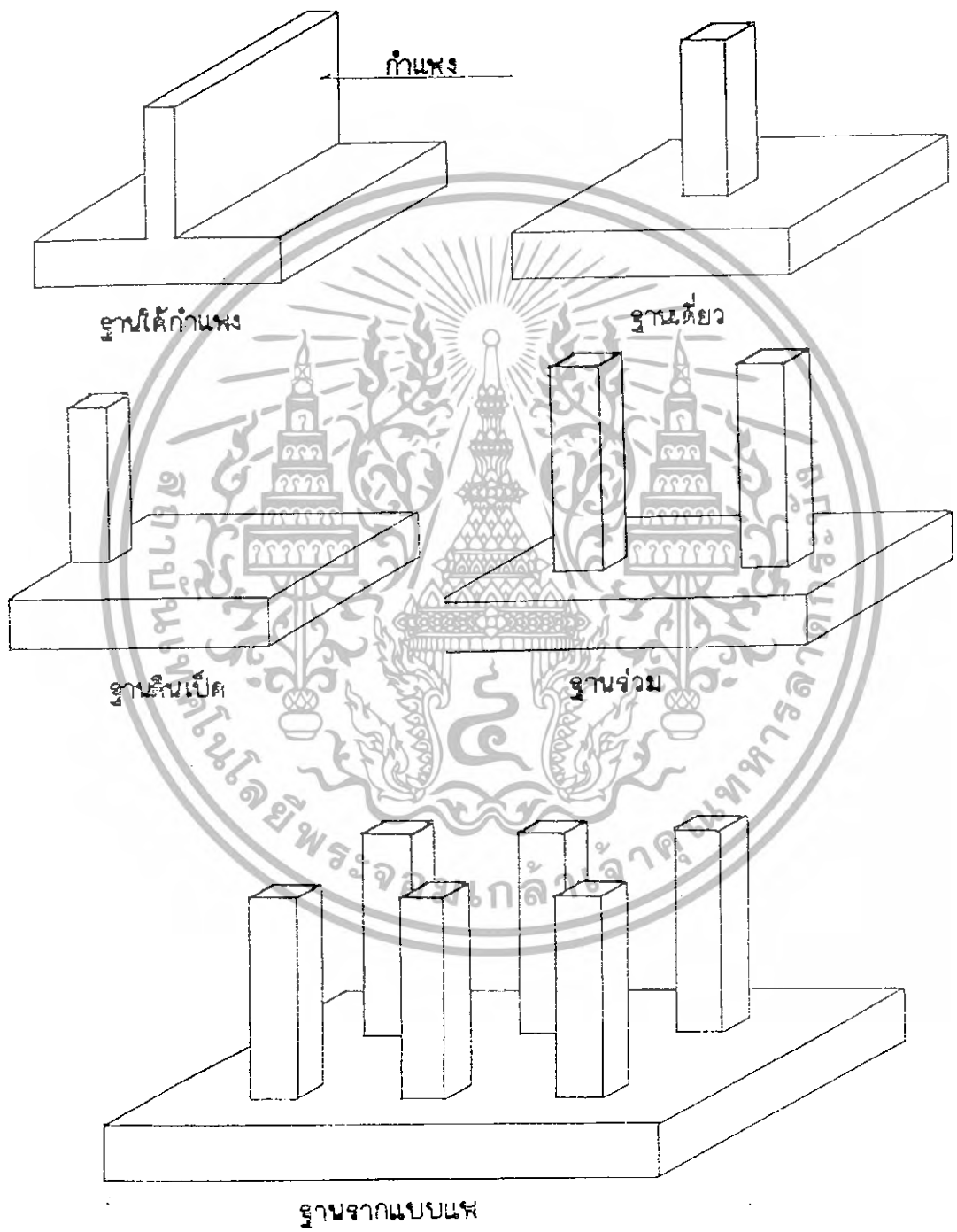
1. ฐานแผ่ที่ไม่มีเข็มรองรับ
2. ฐานรากชนิดมีเสาเข็มเป็นที่รองรับ

และยังอาจแยกย่อยออกไปอีกตามลักษณะของน้ำหนักบรรทุก และสภาพสถานที่ก่อสร้าง อีกดังนี้

1. ฐานต่อเนื่องรับกับกำแพง (Continuous Footing For Wall หรือ Wall footing)
2. ฐานเดี่ยว เป็นฐานที่รองรับน้ำหนักจากเสาเข็มเป็นจุดๆ แยกห่างจากกัน
3. ฐานร่วม (Combined Footing) เป็นฐานรองรับน้ำหนักจากเสาหลายๆต้น ซึ่งมีตำแหน่งอยู่ใกล้กัน
4. ฐานรากแบบแผ่ (Raft Foundation) เป็นฐานที่แผ่กระจายบนพื้นที่กว้างมากๆ บางครั้งอาจกระจายเต็มพื้นที่อาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ฐานชนิดมีคานรัด (Strap Footing) ในบางกรณี เสาอาคารอาจอยู่ชิดเขตที่ดินจึงไม่สามารถจะทำให้น้ำหนักถ่ายลงสู่ศูนย์กลางของฐานได้ กรณีนี้อาจทำฐานเป็นรูปดินเป็ด แล้วใช้ Strap Beam ยึดกับฐานในส่วนกลางของอาคาร



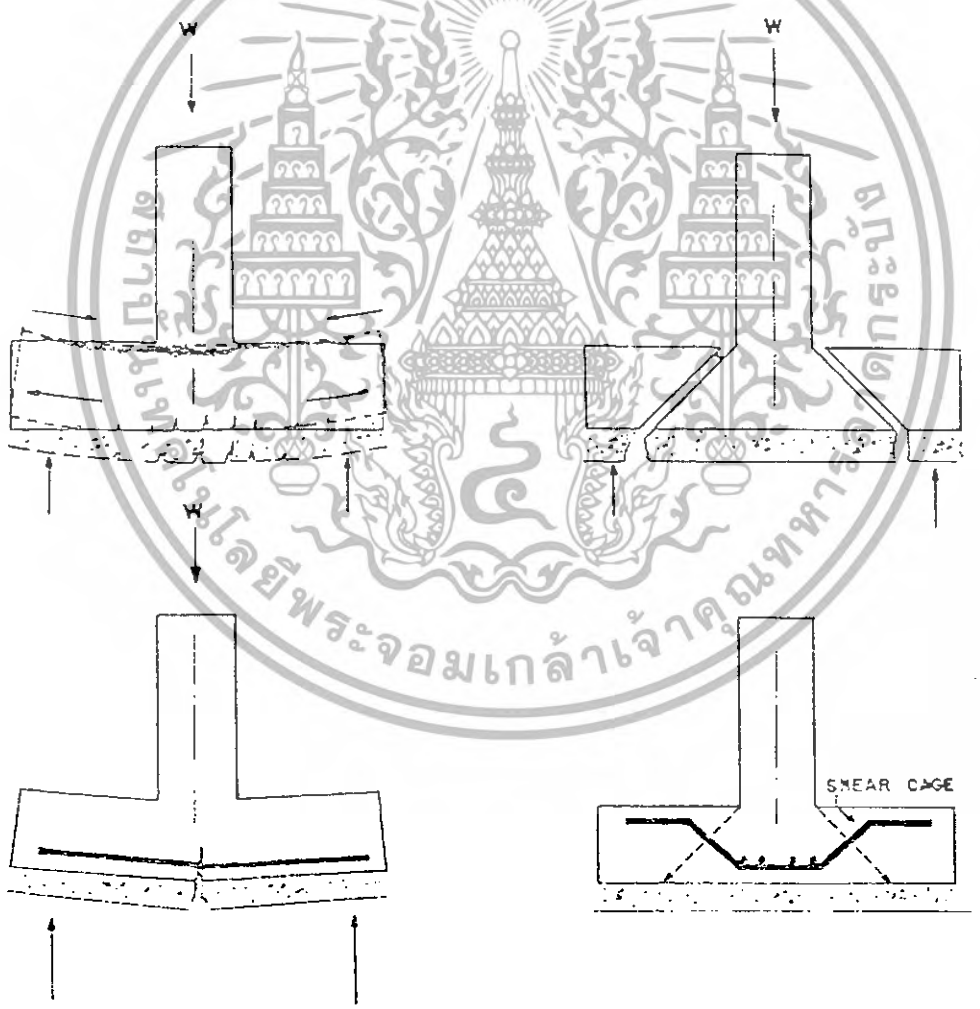
รูปที่ 4.1 ฐานรากชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 พฤติกรรมของฐานรากเมื่อรับน้ำหนัก

เพื่อให้ผู้ศึกษาการให้รายละเอียดให้เข้าใจถึงการเสริมเหล็กให้ดีผู้ให้รายละเอียดควรเข้าใจทฤษฎีเบื้องต้นว่าฐานรากทำงานอย่างไร และโอกาสที่Fail นั้นมีเนื่องจากอะไรบ้าง เพื่อให้เข้าใจง่ายจึงได้แสดงพฤติกรรมของฐานรากไว้แล้วตามรูปที่ 4.2

โดยปกติแรงดันที่เกิดขึ้น ผู้ออกแบบจะคำนวณให้เหล็กเสริมทำหน้าที่รับแรงนั้น โดยมีพื้นที่หน้าตัด และผิวสัมผัสเพียงพอ เพื่อให้ยึดเกาะกับคอนกรีตด้วยแรงที่ไม่เกินที่กำหนดในมาตรฐาน เพื่อไม่ให้เกิด Bond Failure สำหรับแรงเฉือนนั้นโดยปกติจะออกแบบให้คอนกรีตมีความหนาพอเพื่อรองรับแรงเฉือนเหล่านี้ ในบางกรณี อาจต้องใส่เหล็กรับแรงเฉือนด้วย ซึ่งไม่นิยมใช้ นอกจากกรณีจำเป็น ส่วนแรงอัดด้านบนนิยมให้คอนกรีตรับเช่นกัน



รูปที่ 4.2 พฤติกรรมของฐานรากเดี่ยวเมื่อรับน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

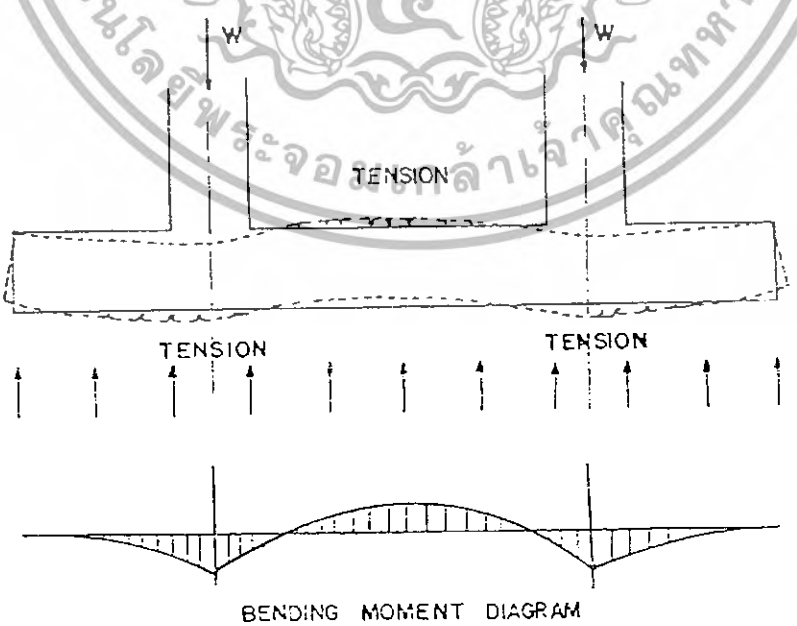
4.1.3 การเสริมเหล็กฐานแผ่

ในกรณีที่ฐานแผ่เป็นฐานเดี่ยว หรือฐานรับกำแพง โดยปกติแรงดึงจะเกิดขึ้นที่ส่วนล่างของฐาน เนื่องจากแรงดันของดินที่รองรับฐานทำให้เกิดแรงดัดที่ส่วนล่าง ดังนั้นเหล็กเสริมในกรณีนี้จึงมีเฉพาะส่วนล่างของฐาน อย่างไรก็ตามมักนิยมดัดเหล็กให้งอขึ้นมาข้างฐานด้วยเพื่อป้องกันคอนกรีตแตกเป็นชั้น และเพื่อให้เหล็กเสริมมีระยะยึดเกาะกับคอนกรีตมากขึ้นการจัดเหล็กเสริมให้ประหยัดควรคำนึงถึงความยาวมาตรฐานของเหล็กเส้นด้วย กล่าวคือ ความยาวของเหล็กเสริมแต่ละเส้นควรจะตัดจากเหล็กซึ่งยาวมาตรฐานได้ลงตัว หรือเมื่อตัดแล้วสามารถนำไปใช้ในจุดใกล้ๆกันได้ทันที จะทำให้ประหยัดเรื่องเศษเหล็กได้

ข้อควรระมัดระวังในกรณีนี้คือ ในกรณีฐานเดี่ยวที่เป็นฐานแผ่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ฐานส่วนยาวรับโมเมนต์มากกว่า เหล็กเสริมด้านนั้นควรจะอยู่ล่าง ส่วนด้านสั้นรับโมเมนต์น้อยกว่า เหล็กเสริมควรจะอยู่บน และผู้ออกแบบควรคำนึงถึงระยะ Covering ซึ่งต่างกัน ทำให้Effective Depth ต่างกันด้วย ส่วนที่เป็นฐานรับกำแพง โดยปกติผู้ออกแบบจะคำนวณให้เหล็กเสริมหลักอยู่ด้านสั้น ดังนั้นจึงต้องจัดเหล็กเสริมด้านนี้ให้อยู่ล่าง ส่วนเหล็กเสริมทางยาวอยู่ชั้นบน อย่างไรก็ดี การจัดตำแหน่งเหล็กเสริมเป็นเรื่องที่กำหนดโดยผู้ออกแบบว่าเหล็กใดอยู่ล่างหรืออยู่บน ผู้ออกแบบจึงควรกำหนดให้ชัดเจนเพื่อจะได้เขียนแบบและก่อสร้างได้ถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้

4.1.4 การเสริมเหล็กฐานร่วม

ในกรณีที่เป็นฐานร่วม แรงดัดจะเกิดขึ้นทั้งส่วนล่างและบนของฐานตามรูปที่3 แสดง Bending Moment Diagram



รูปที่ 4.3 พฤติกรรมของฐานรากร่วมเมื่อรับน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเหล็กเสริมจึงจะต้องมีทั้งส่วนบนและล่างของฐาน

สิ่งที่ควรระวังคือ เหล็กเสริมหลักควรอยู่บนสุด และล่างสุดของฐานรากโดยมีเหล็กเสริมในทิศทางตั้งฉากกัน เป็นเหล็กยึดเหล็กเสริมหลัก(Distribution Steel) ยึดอยู่ชั้นกลาง การให้รายละเอียดเหล็กเสริมตามขนาดที่ต้องการควรระบุจำนวนเหล็กเสริมลงไปด้วย และในกรณีที่กำหนดทั้งจำนวนและระยะห่างของเหล็กเสริมด้วยไม่ควรระบุตัวเลขซึ่งจะทำให้จำนวนขัดแย้งกัน

ในกรณีของฐานรากแบบแพ ปกติความหนาของฐานอาจหนามาก และจำเป็นต้องมีเหล็กเสริมทั้งบนและล่างของฐานด้วย เหล็กเสริมชั้นบนไม่ควรใช้ขนาดเล็กเกินไป มิฉะนั้นอาจจะถูกคนงานเหยียบแอ่นลงขณะทำงานได้ และหากเป็นไปได้ควรแสดงวิธีการดัดตั้งเหล็กเสริมชั้นบนไว้เป็นแนวทาง ให้ผู้ก่อสร้างปฏิบัติด้วย เพราะหากไม่กำหนดแนวทางไว้อาจเป็นปัญหาถกเถียงกันในสนามระหว่างผู้ควบคุมงานและผู้ก่อสร้างได้

สำหรับฐานตื้นเปิดนั้น โดยปกติจะต้องมีคานยึดกับฐานถัดไป และคานดังกล่าวจะทำหน้าที่รับโมเมนต์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการที่น้ำหนักเยื้องศูนย์ เพื่อพยายามจะถ่ายน้ำหนักให้ลงเข็มเท่าๆกันในกรณีที่เป็นเข็ม ดังนั้นการเขียนรายละเอียดฐานชนิดนี้ ควรเขียนรูปแสดงรายละเอียดของคานยึดในแบบแผ่นเดียวกับฐานด้วย เพื่อให้เกิดความชัดเจนในทางปฏิบัติ

4.1.5 คานคอดิน

โดยปกติผู้ออกแบบมักทำคานคอดินยึดฐานรากไว้ คานคอดินจะทำหน้าที่ยึดฐานรากและในบางกรณีอาจทำหน้าที่เป็น Strap Beam รับแรงดัดเนื่องจากเสาเข็มเคลื่อนไปจากตำแหน่งในแบบ ในกรณีที่ช่วงระหว่างเสา (Span) มีระยะห่างกันมาก ผู้ออกแบบอาจออกแบบให้เข็มเอียงเพื่อรับ Horizontal Force ได้ด้วย โดยไม่ต้องมี Ground Beam ในกรณีนี้จะต้องเขียนรายละเอียดเข็มให้ชัดเจนด้วยว่าเข็มแต่ละต้นเอียงไปทิศทางใดบ้างและมีความลาดเอียงเป็นเท่าใด

4.1.6 ข้อควรปฏิบัติ

ในการออกแบบฐานรากซึ่งมีเสาเข็ม ควรคำนึงถึงโอกาสที่เข็มจะผิดพลาดเนื่องจากการตอกเสาเข็มไว้ด้วย การที่ตำแหน่งเข็มที่ตอกจริงผิดไปจากแบบจะทำให้เกิดการเยื้องศูนย์กลางระหว่างศูนย์เสากับจุดศูนย์ถ่วงของกลุ่มเข็ม หากผู้ออกแบบคำนวณเผื่อไว้แล้ว และได้กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ไว้ในรายการก่อสร้างด้วย ก็จะทำให้สะดวกในการทำงาน โดยผู้ก่อสร้างไม่จำเป็นต้องรอการแก้ไขแบบเนื่องจากเข็มคลาดเคลื่อนไป ซึ่งจะทำให้ประหยัดเวลาในการก่อสร้างได้มาก

การเยื้องนี้จะมีปัญหามากในกรณีเข็มต้นเดียว หรือ 2 ต้น เพราะทำให้เกิดแรงดัดและแรงบิดในคานยึดฐานราก ถ้าคานยึดฐานรากได้คำนวณไว้แล้วสำหรับค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินค่าใดค่าหนึ่ง ก็จะทำให้สะดวกในการทำงานในการรอการตัดสินใจของวิศวกรผู้ออกแบบ ซึ่งไม่ได้อยู่ประจำสถานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อสร้าง การตอกเข็มควรตอกโดยมีลำดับขั้นการตอกที่ถูกต้อง เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว เช่น ควรตอกเข็มบริเวณที่มีความหนาของเข็มมากกว่าก่อน และเข็มต้นเดียวหรือ2ต้น ควรตอกเป็นลำดับสุดท้าย เป็นต้น

4.1.7 การให้รายละเอียด

แบบของฐานรากควรมีรายละเอียดอย่างน้อยดังนี้

1. รูปแบบ ขนาดของฐาน และรายละเอียดของเหล็กเสริม
2. จำนวน ขนาดของเสาเข็ม ระยะทางของเสาเข็ม และระยะห่างของเสาเข็มถึงขอบฐานราก รวมทั้งขนาดและความยาวของ Dowel Bars ที่โผล่จากหัวเสาเข็มเข้าไปในฐานราก(ถ้ามี)
3. ระยะหัวเสาเข็มที่ฝังอยู่ในฐานราก
4. ความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็ก (Covering)
5. ความหนาของคอนกรีตหยาบและทรายหรือวัสดุอื่นที่ใช้รองก้นหลุม
6. ระดับของฐานรากจากระดับดินเดิม

4.2 เสา (COLUMN)

เสาเป็นองค์อาคารที่ทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักจากโครงสร้างสู่ฐานรากแบบหนึ่ง โดยปกติองค์อาคารที่เรียกว่าเสา มีความยาวมากกว่า 4 เท่าของส่วนที่มีความกว้างมากสุด

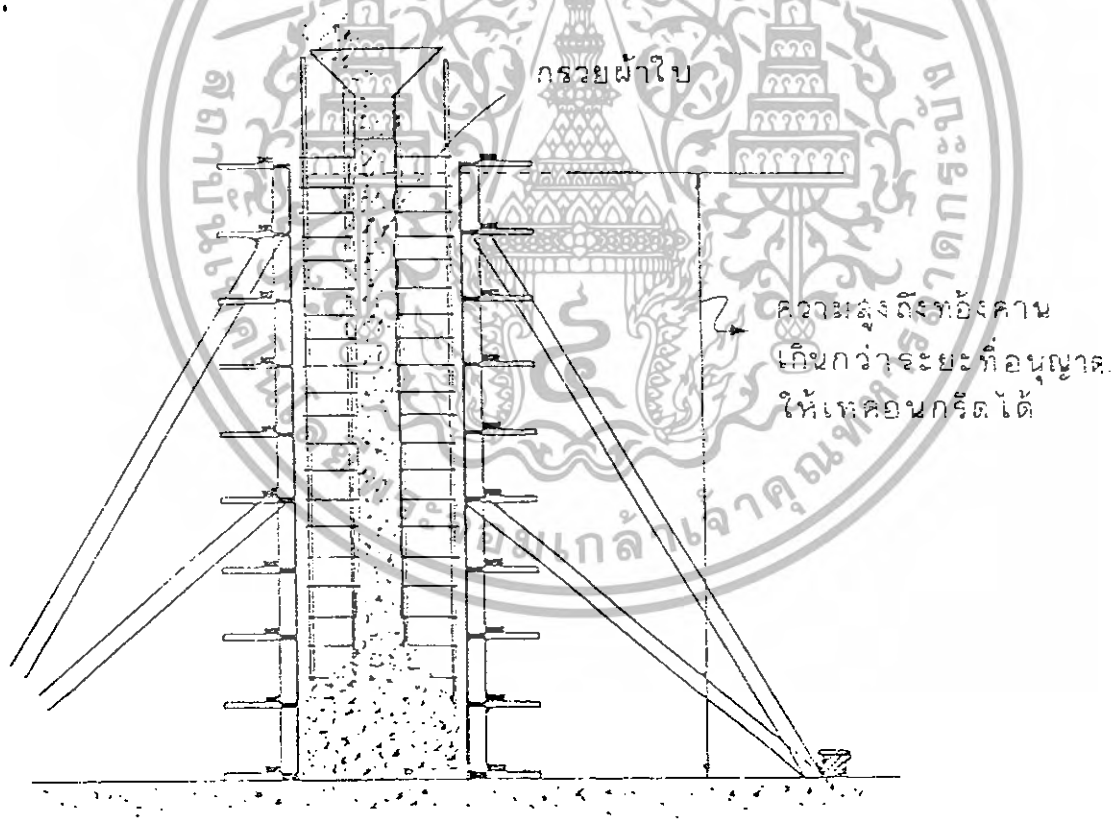
รูปร่างของเสาอาจเป็นรูปอะไรก็ได้ ขึ้นอยู่กับความสวยงามตามความต้องการของสถาปนิก โดยทั่วๆ ไปแล้วรูปร่างเสาที่ประหยัดที่สุดคือเสาที่มีรูปร่างสมมาตรง่ายต่อการประกอบแบบก่อสร้าง เช่นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือผืนผ้า เสากลม และเสารูปร่างพิเศษอื่นๆ จะแพงกว่าเสาสี่เหลี่ยมเพราะทำไม้แบบยาก ขนาดของเสาอาจถูกกำหนดขึ้น เพื่อให้เกิดความสวยงามและประหยัดมากกว่าจะถูกกำหนดตามความต้องการในการรับน้ำหนักอย่างเดียว ในกรณีที่เป็นอาคารหลายชั้นและเสามีจำนวนมาก หากออกแบบให้ขนาดเสาเท่าๆกันจำนวนมากก็จะทำให้ประหยัดไม้แบบและเวลาในการก่อสร้าง ทั้งนี้เป็นเพราะผู้ทำการก่อสร้างสามารถเตรียมไม้แบบสำหรับเสาขนาดหนึ่งๆได้มากและใช้ได้หลายๆครั้ง โดยไม่ต้องทำไม้แบบใหม่ หากเราลดขนาดทุกๆชั้น ไม้แบบก็จะใช้ได้ชั้นเดียวและถ้าเสาในชั้นนั้นมีขนาดเดียวจำนวนน้อย การทำไม้แบบจำนวนมากย่อมไม่ประหยัดค่าก่อสร้าง และการทำไม้แบบจำนวนน้อยใช้หมุนเวียนกันย่อมไม่ประหยัดเวลา

อีกประการหนึ่งการลดขนาดเสานั้นควรคำนึงถึงเหล็กเสริมที่ต้องเสริมเพิ่มด้วย โดยปกติคอนกรีตมีความสามารถรับแรงอัดได้ดีอยู่แล้ว และราคาของเหล็กกับคอนกรีต ที่มีปริมาตรเท่ากัน ราคาเหล็กจะสูงกว่าคอนกรีตมาก ดังนั้น จึงควรออกแบบให้มีอัตราส่วนของเหล็กต่อคอนกรีตน้อยที่สุด โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดใน Code เช่น 1% การใส่เหล็กให้มีจำนวนน้อย ทำให้จัดเหล็กได้ง่ายโดยเฉพาะอย่างที่จุดตัดของคานกับเสาจะไม่ทำให้เหล็กแน่นเกินไปจนเทคอนกรีตลำบาก

ในอาคารทั่วๆไป ความสูงของชั้นของอาคารจะมีค่ามากกว่า 3 เมตร เมื่อหักความลึกของคานในแต่ละชั้นลงไปแล้ว ความสูงของเสาแต่ละชั้นจากพื้นถึงท้องคานจะเกินกว่า 2.00 เมตร ซึ่งโดยปกติการเทคอนกรีต ตามมาตรฐานต่างๆ มักไม่อนุญาตให้เทคอนกรีตจากความสูงเกินกว่า 2 เมตร การเทคอนกรีตเสาจึงต้องเปิดหน้าต่างเทตามระยะความสูงที่ให้อนุญาตให้เทคอนกรีตได้ หรือกั้นไม้แบบให้สูงเพียง 2 เมตร แล้วเทคอนกรีตก่อน แล้วจึงกั้นไม้แบบต่อไปซึ่งวิธีนี้จะทำให้เสียเวลาหากเสามีเหล็กแน่นมากจะทำให้การเทโดยเปิดหน้าต่างทำยาก และอาจมีการแยกตัวของคอนกรีตได้มาก หากขนาดเสาใหญ่พอ และมีเหล็กเสริมน้อยก็สามารถทำไม้แบบได้ที่เดียวถึงระดับความสูงที่ต้องการและเปิดหน้าต่างเท และหากมีที่พอจะสอดกรวยผ้าใบลงกลางเหล็กเสาได้ก็จะทำให้เทคอนกรีตได้ดีและสะดวกมาก ดังรูป

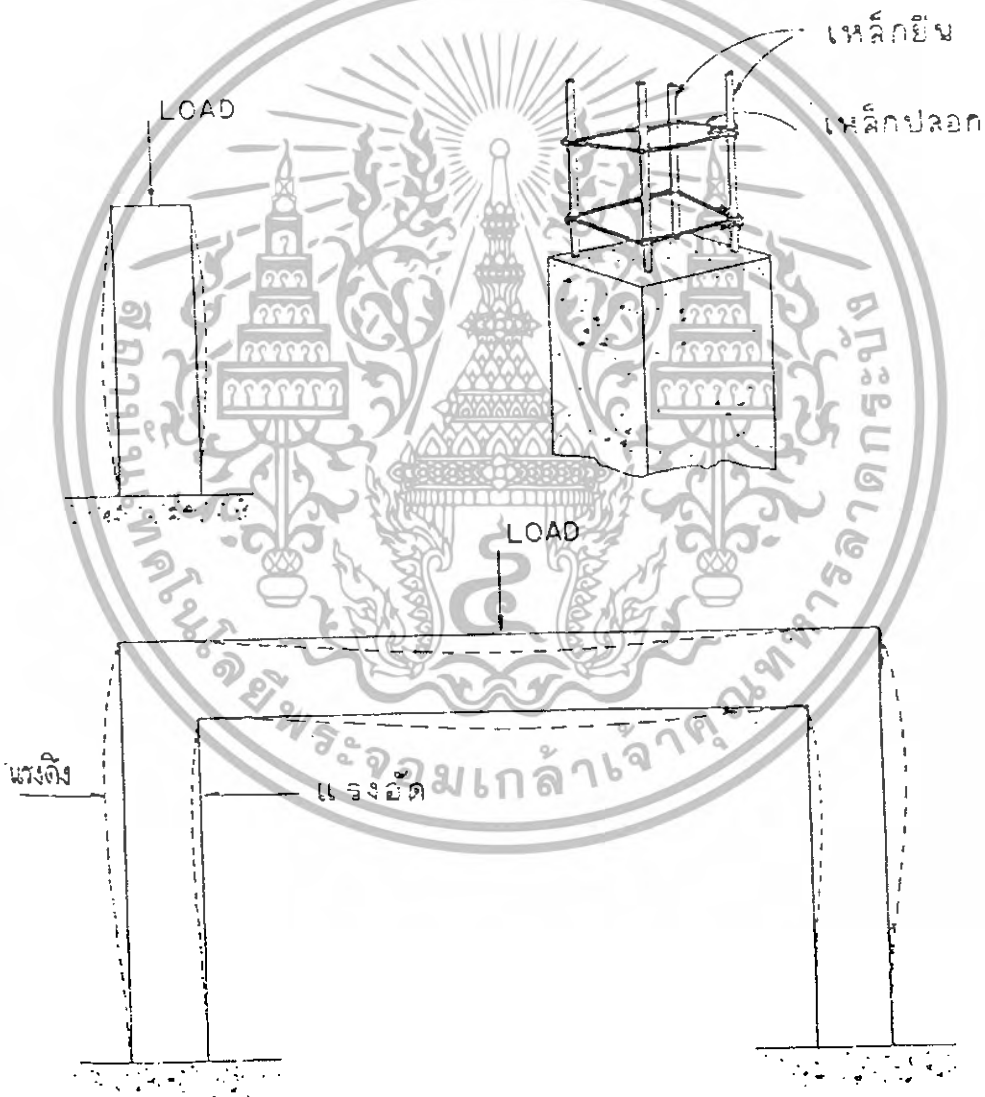


รูปที่ 4.4 การเทคอนกรีตเสาโดยใช้กรวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

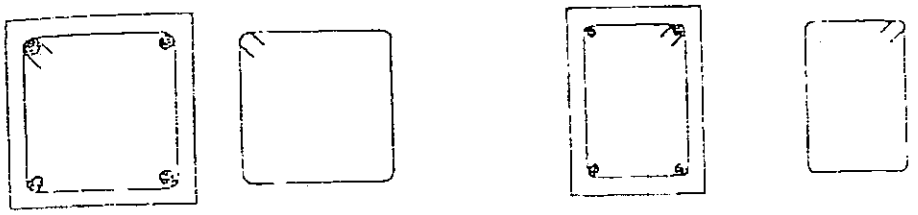
4.2.1 พฤติกรรมของเสาเมื่อรับน้ำหนัก

ในโครงสร้างทั่วไปเสาอาจทำหน้าที่รับแรงอัดอย่างเดียว หรือรับแรงดัดร่วมกับแรงอัดพร้อมกันไปด้วย เมื่อแรงอัดกระทำต่อเสา เสาที่ถูกอัดจะมีแนวโน้ม (Tendency) ที่จะระเบิดออกด้านข้างด้วยดังแสดงในรูป และจากการทดลองพบว่าเมื่อถึงจุดวิบัติ หากเสาไม่ได้เสริมเหล็กปลอกรัดเหล็กยืนไว้ด้วยแล้ว เสาจะระเบิดออกทันที แต่หากมีเหล็กปลอกจะค่อยๆโก่งตัวและfail ในที่สุด ในมาตรฐานทั่วๆไปจึงกำหนดให้เสริมเหล็กปลอกรัดเหล็กยืนไว้ด้วยในกรณีที่น้ำหนักที่กระทำต่อเสาไม่กระทำในแนวศูนย์เสา ก็จะทำให้เกิดแรงกัดในเสาด้วย ดังแสดงไว้ในรูป

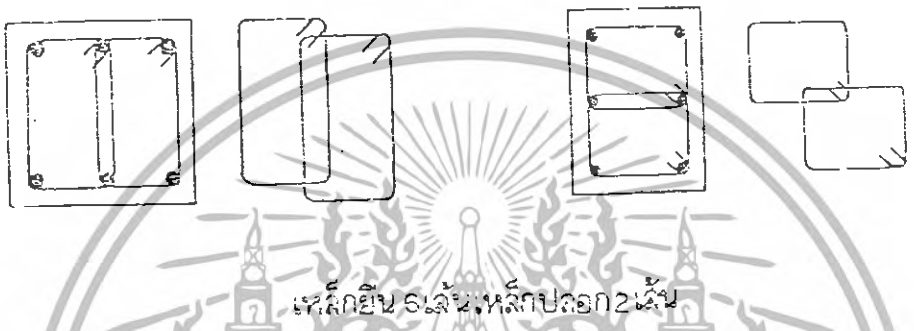


รูปที่ 4.5 พฤติกรรมของเสาเมื่อรับน้ำหนัก

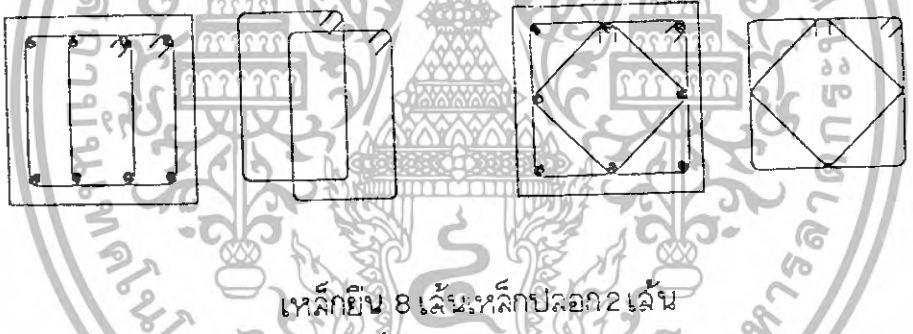
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



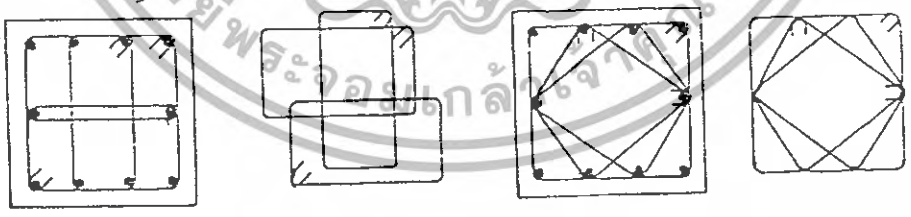
เหล็กยืน 4 เส้น,เหล็กปลอก 1 เส้น



เหล็กยืน 6 เส้น,เหล็กปลอก 2 เส้น



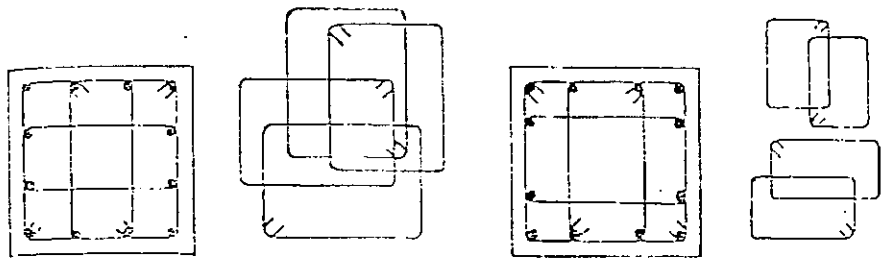
เหล็กยืน 8 เส้น,เหล็กปลอก 2 เส้น



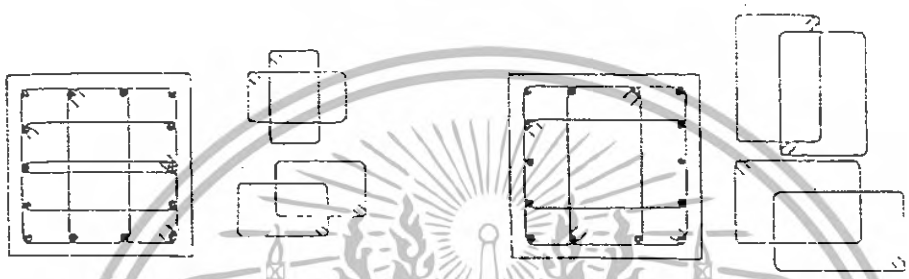
เหล็กยืน 10 เส้น,เหล็กปลอก 3 เส้น

รูปที่ 4.6.1 การจัดเรียงเหล็กเสริมเสาแบบต่างๆ

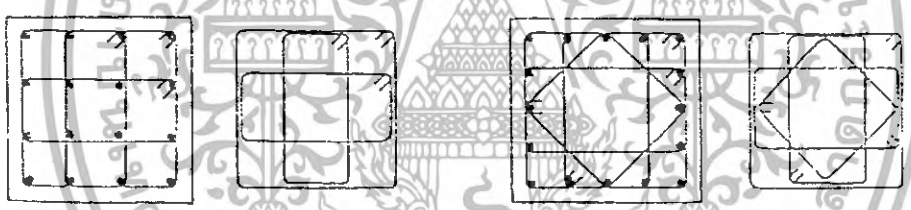
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



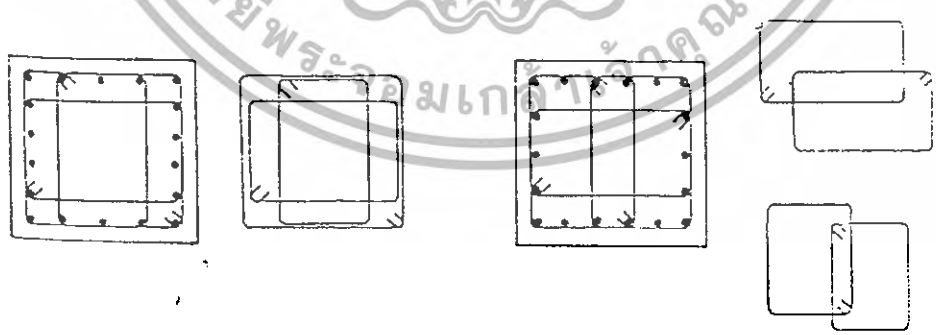
เหล็กยืน 12เส้นเหล็กปลอก 4เส้น



เหล็กยืน 14เส้นเหล็กปลอก 4 เส้น



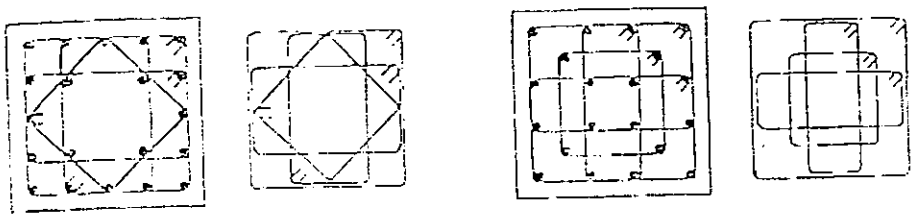
เหล็กยืน 16เส้นเหล็กปลอก 3และ 4เส้น



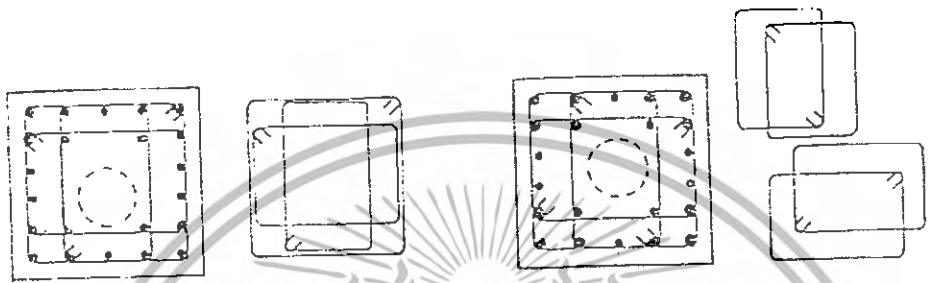
เหล็กยืน 18เส้น เหล็กปลอก 3 และ 4 เส้น

รูปที่ 4.6.2 การจัดเรียงเหล็กเสริมเสาแบบต่างๆ

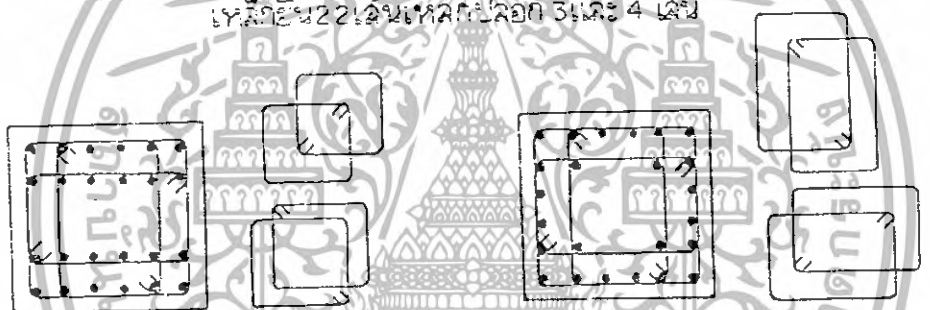
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



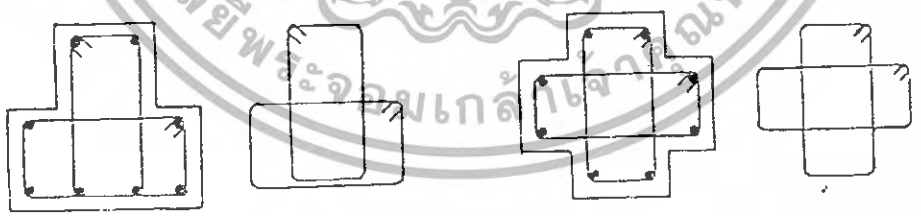
เหล็กยืน 20เส้นเหล็กปลอก 4เส้น



เหล็กยืน22เส้นเหล็กปลอก 3และ 4 เส้น



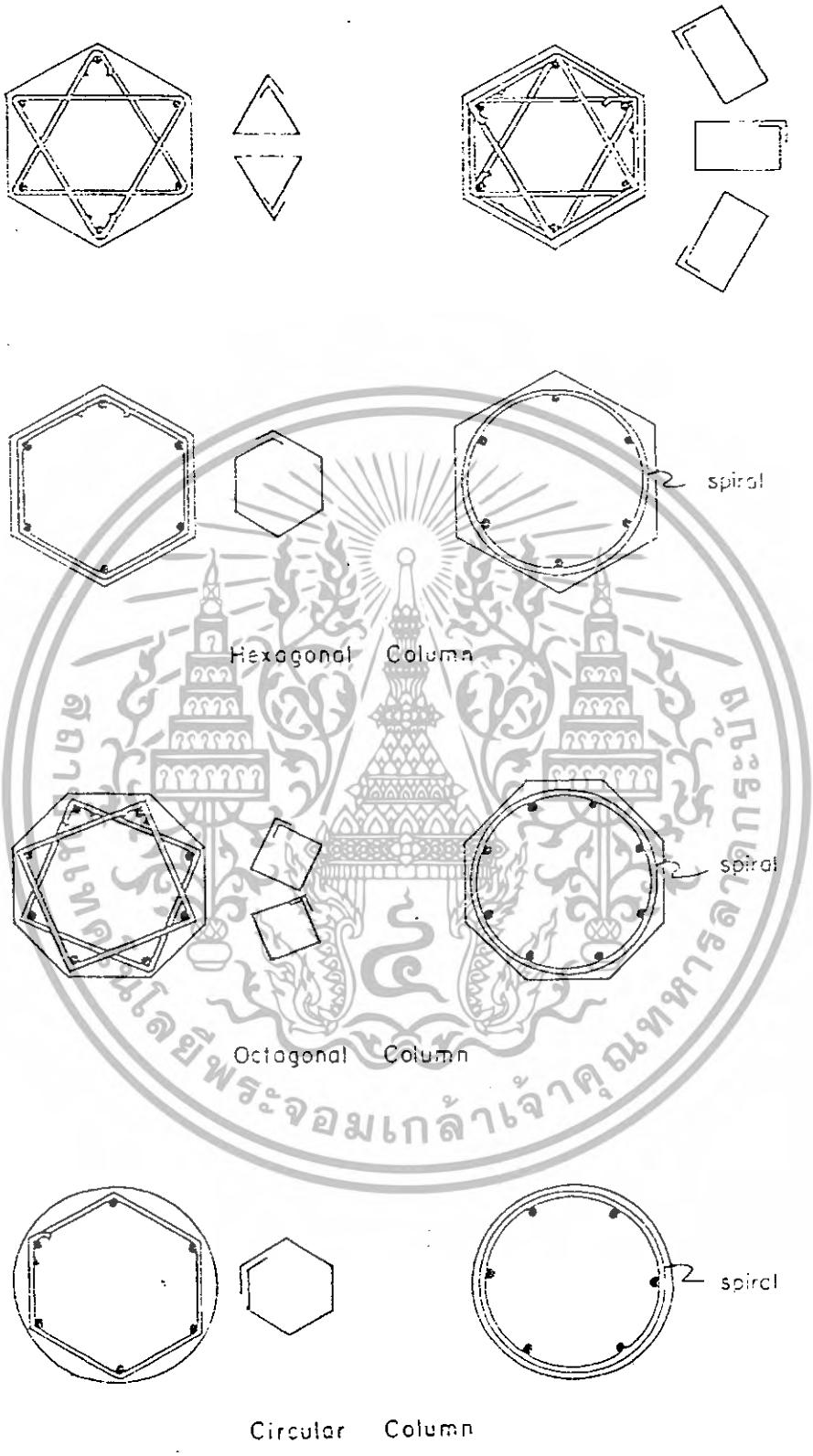
เหล็กยืน24เส้นเหล็กปลอก 4เส้น



เหล็กยืน 8เส้นเหล็กปลอก 2เส้น

รูปที่4.6.3 การจัดเรียงเหล็กเสริมเสาแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



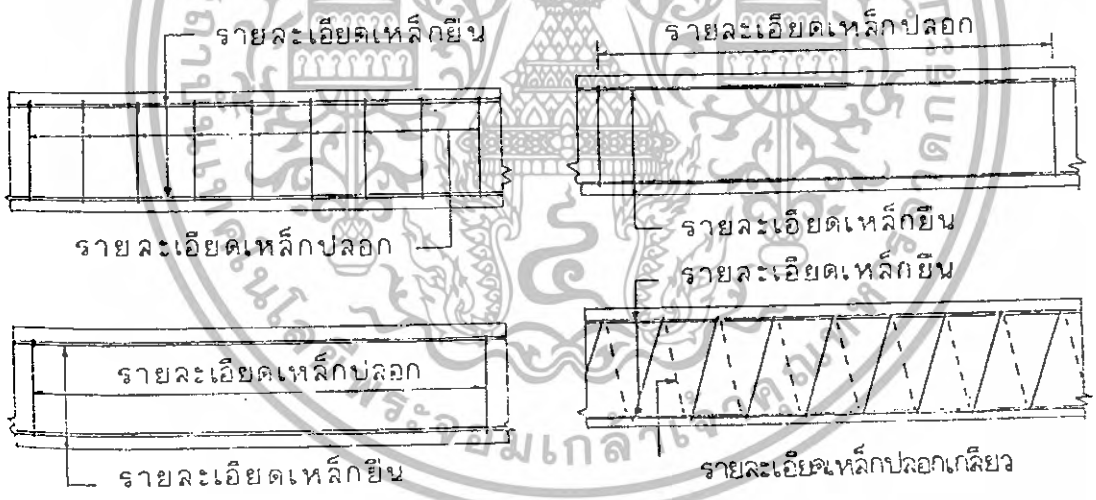
รูปที่4.6.4 การจัดเรียงเหล็กเสริมเสาแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การให้รายละเอียดเหล็กเสริมเสา

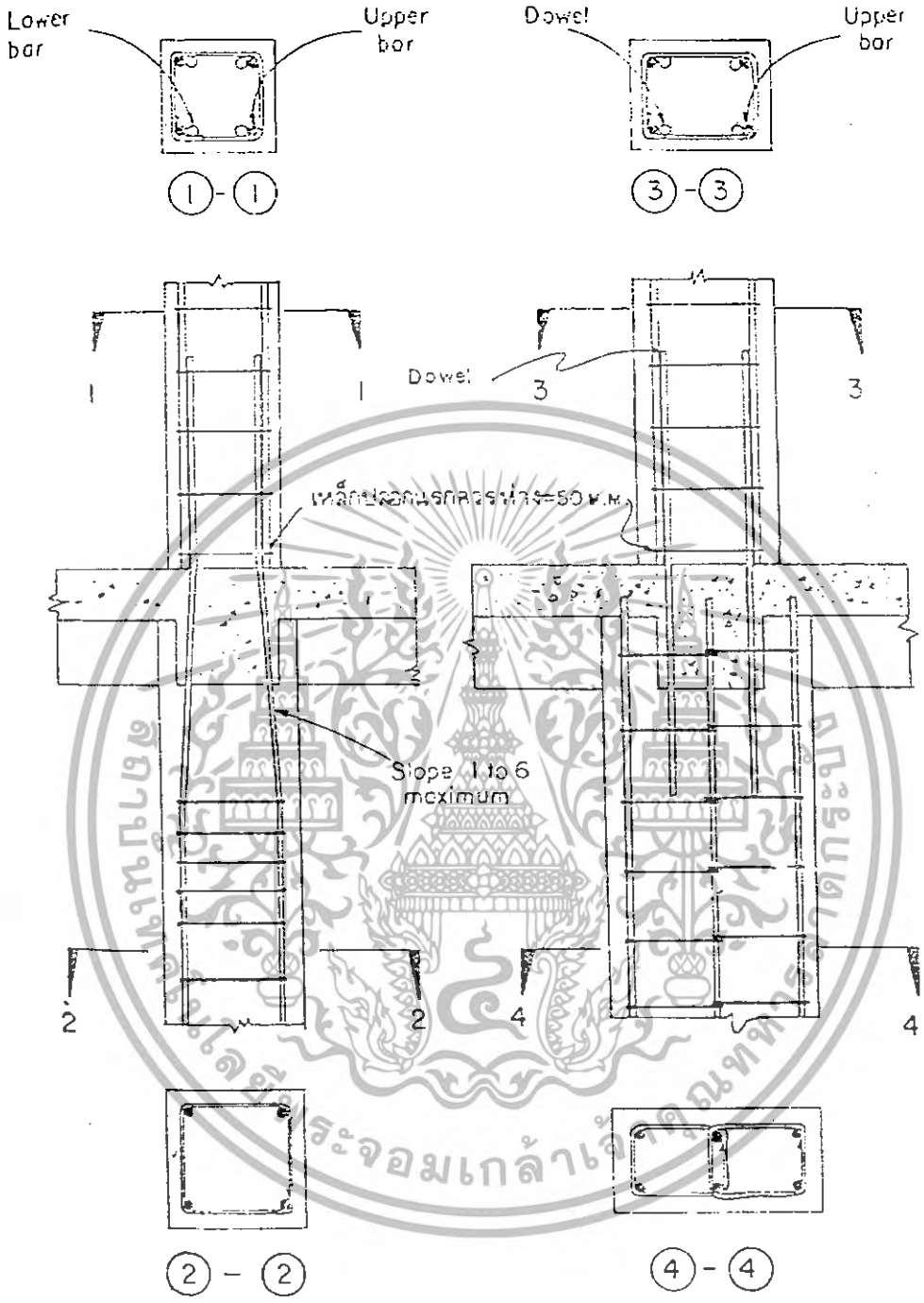
โดยปกติ การเขียนรูปดัดเสาอย่างเดียวโดยระบุจำนวนเหล็กยืน และเหล็กปลอกที่เพียงพอ แต่ควรเพิ่มรายละเอียดรูปด้านที่จุดที่เหล็กต้องทาบกันเพื่อแสดงวิธีทาบต่อ และวิธีดุ้ง (offset) ที่ระดับชั้นของอาคารไว้ด้วยเพื่อให้ผู้ทำการก่อสร้างจะได้คิดปริมาณเหล็กและทำงานได้ถูกต้อง และในกรณีที่ไม่อนุญาตให้ต่อทาบก็แสดงวิธีการต่อไว้ด้วย

ในการก่อสร้างทั่วๆไป ผู้ทำการก่อสร้างจะผูกเหล็กเสาสูงชั้นต่อชั้น แล้วเทคอนกรีตถึงระดับท้องคานที่ลึกที่สุด เมื่อหล่อคานและเทพื้นเสร็จแล้ว จึงจะผูกเหล็กชั้นต่อไปโดยการทาบ การผูกเหล็กสูงครั้งละมากกว่า 1 ชั้นของอาคาร จะทำให้ติดตั้งลำบาก และหากยึดไว้ไม่แน่นพอ อาจมีผลเสียหายต่อคอนกรีตได้ หากไม่แสดงวิธีการต่อ หรือจุดที่ยอมให้ต่อได้ไว้ในแบบด้วย อาจมีปัญหาในการก่อสร้างและก่อให้เกิดความเสียหายได้ ตัวอย่างเช่น ในบางกรณีที่เสารับแรงดึง การต่อเหล็กที่จุดเดียวกันตลอดย่อมไม่เป็นการดี จึงควรเขียนรายละเอียดของการต่อไว้ให้ชัดเจน การต่อเหล็กโดยวิธีพิเศษ เช่นใช้ Bar Couplers หรือ Mechanical Device อื่นๆ อนุญาตให้ทำได้ หรือไม่ ควรระบุไว้ในรายการก่อสร้างด้วย และในกรณีที่จะใช้การต่อโดยวิธีเชื่อมก็ควรระบุวิธีการ และรายละเอียดไว้ด้วยเช่นกัน



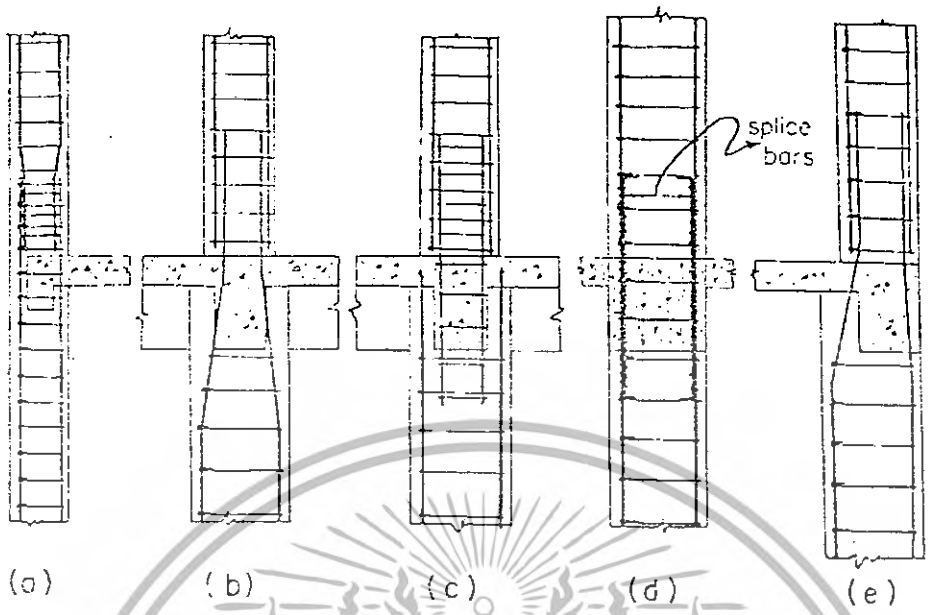
รูปที่ 4.7 การให้รายละเอียดรูปด้านเสาแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

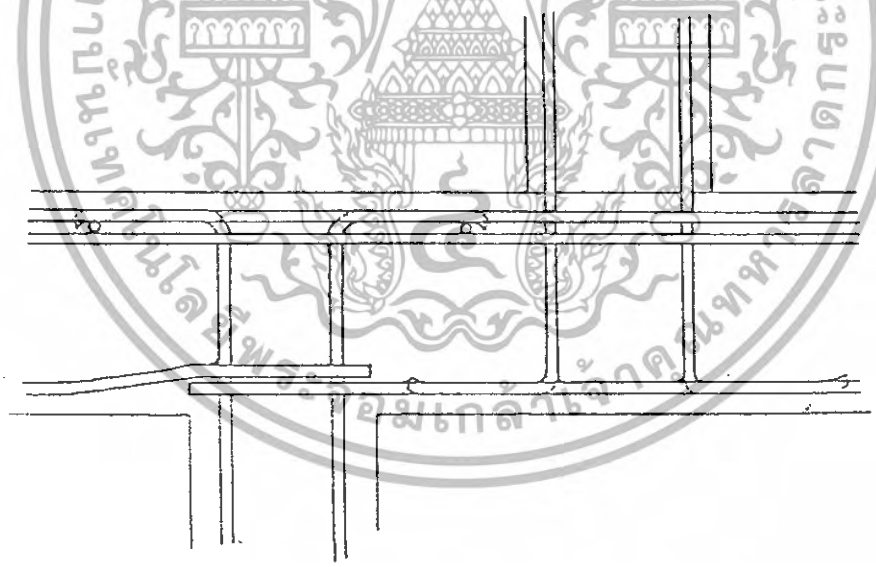


รูปที่ 4.8 การต่อเหล็กที่ระดับชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

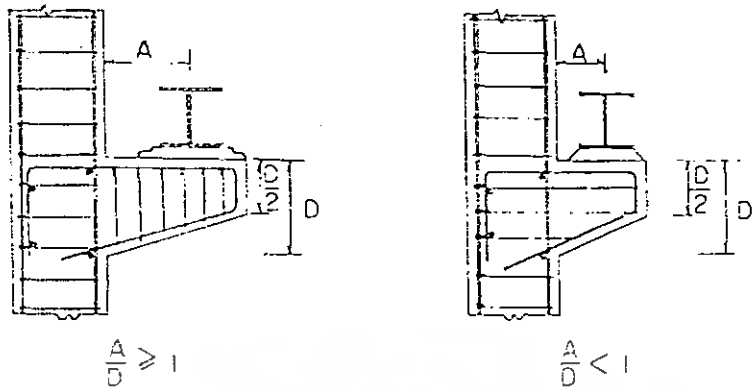


รูปที่ 4.9 แสดงการต่อเหล็กเสาที่ระดับพื้นแบบต่างๆ

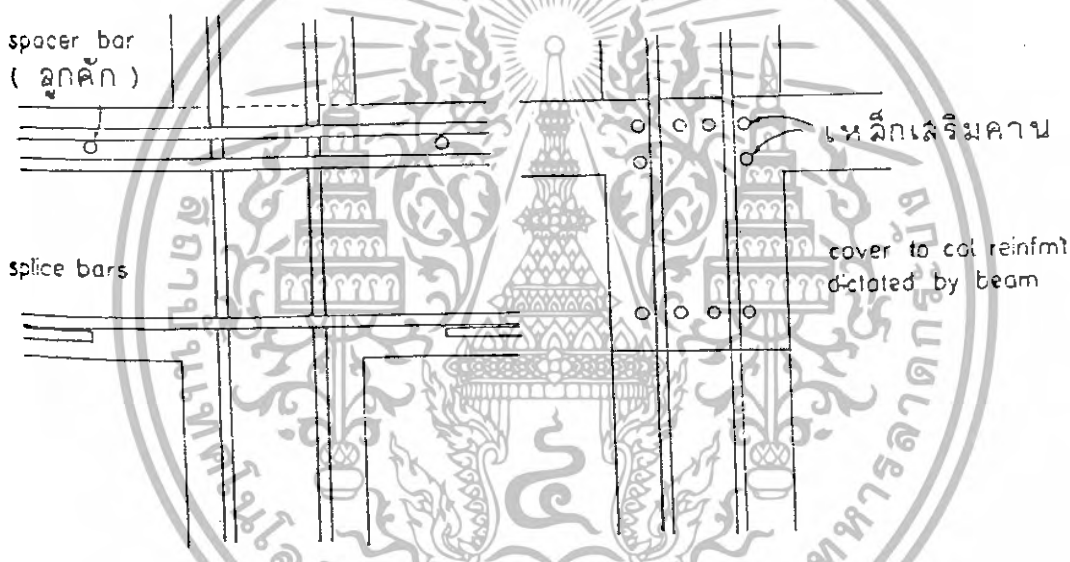


รูปที่ 4.10 แสดงการเสริมเหล็กเสาเยื้องศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

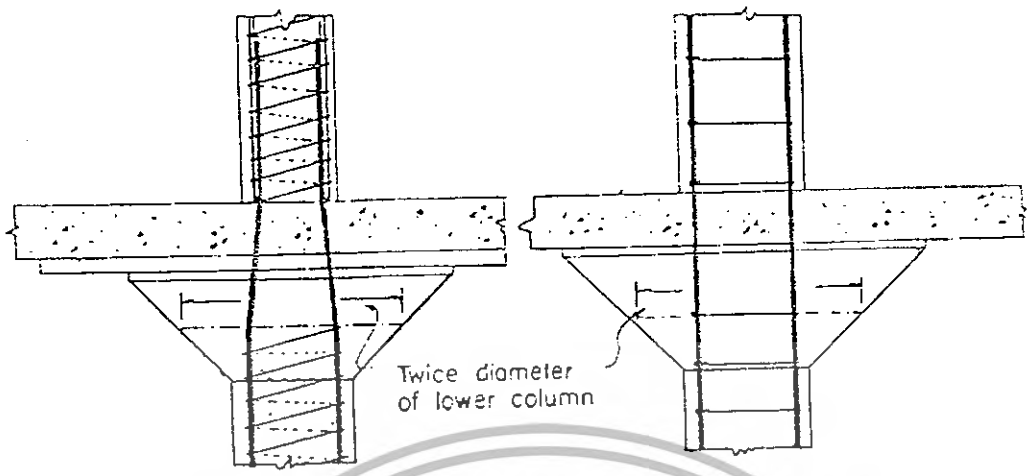


รูปที่ 4.11 รายละเอียดหูช้าง

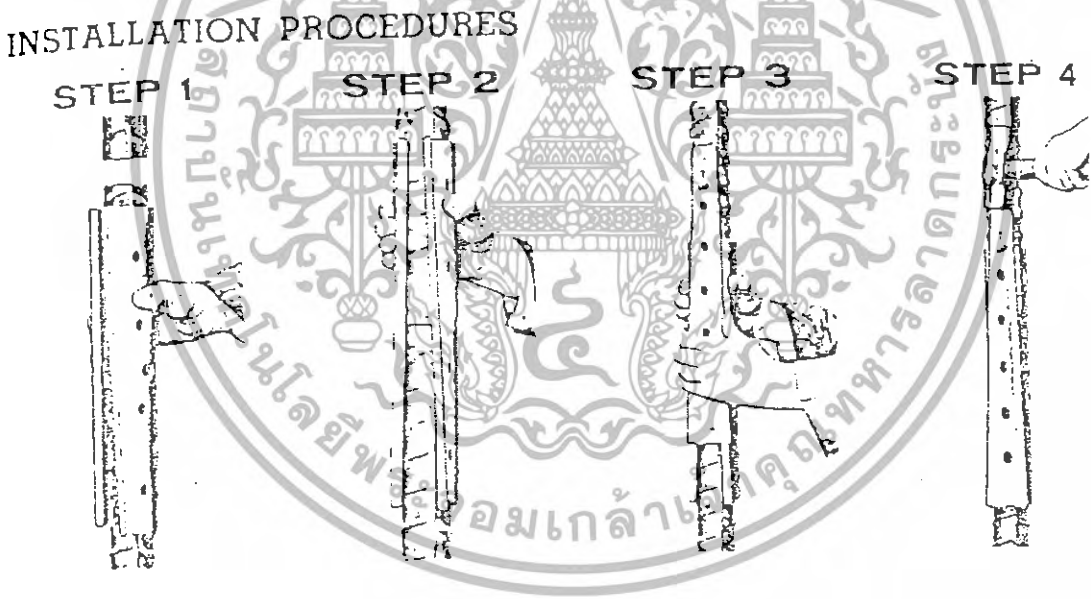


รูปที่ 4.12 แสดงจุดตัดระหว่างคานกับเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 รายละเอียดเหล็กปลอกที่เป็นหัวเสา



รูปที่ 4.14 ตัวอย่างการต่อเหล็กโดย Mechanical Device แบบหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 คาน (Beam)

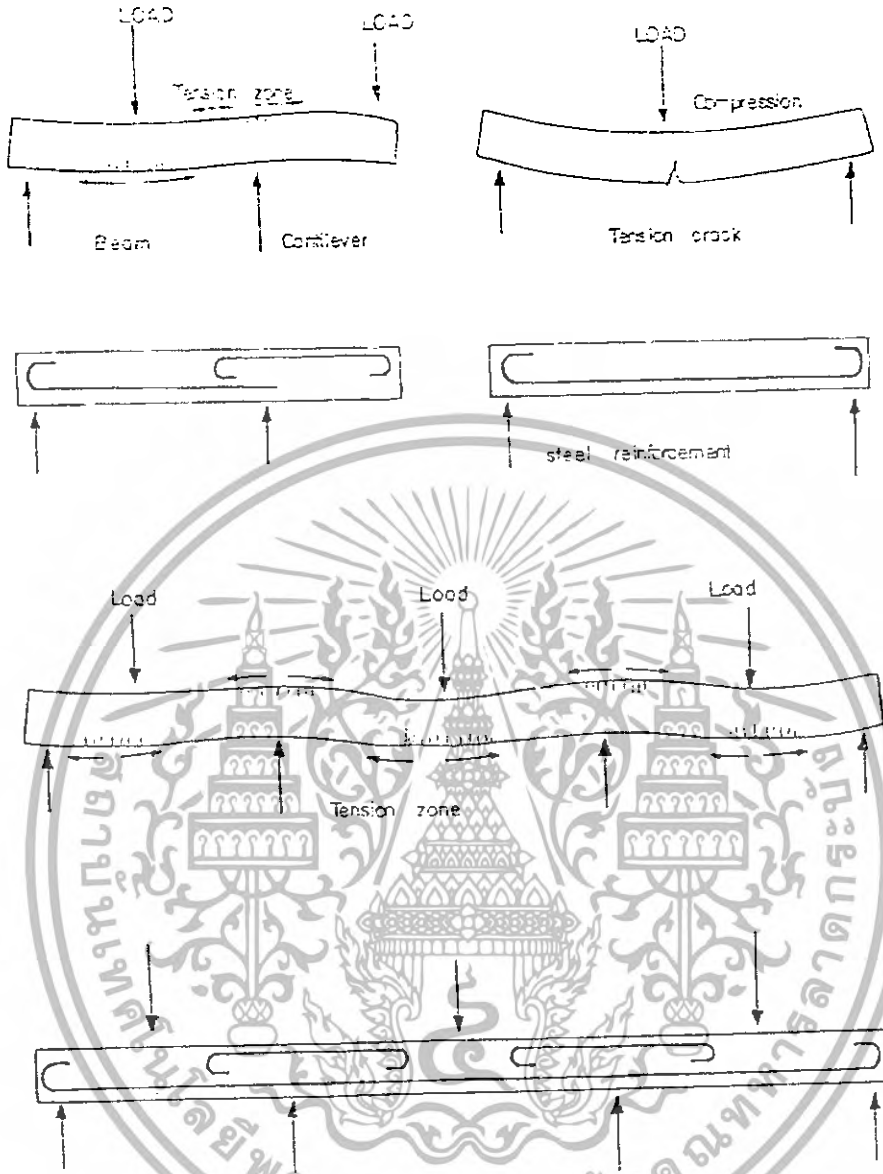
คาน เป็นองค์อาคารซึ่งโดยปกติจะอยู่ในแนวราบ หรืออาจเอียงทำมุมกับแนวราบ เช่น คานหลังคา (roof beam) เป็นต้น ทั้งนี้ตามแต่ลักษณะของการใช้งาน

คาน ทำหน้าที่รับน้ำหนักซึ่งถ่ายมาจากพื้น (Slabs) หรือผนัง (Partitions) หรือกำแพง (Walls) ซึ่งวางอยู่บนคานนั้น แล้วส่งถ่ายน้ำหนักต่อไปยังที่รองรับ เช่น คานหลัก (Girders) ก่อน หรือโดยตรงไปยังเสา (Columns) อีกต่อหนึ่ง

น้ำหนักที่กระทำบนคานจะทำให้เกิดแรงดัด (Bending) และแรงเฉือน (Shear) ในตัวคาน ในกรณีที่น้ำหนักกระทำบนคานมีลักษณะไม่สมดุลในแนวที่ตั้งฉากกับแนวแกนของคานก็จะทำให้เกิดแรงบิด (Torsion) เพิ่มเติมขึ้นมาในตัวคานอีกแรงหนึ่ง เช่น คานรับพื้นกันสาด หรือคานขอบนอก (Spandrels) เป็นต้น

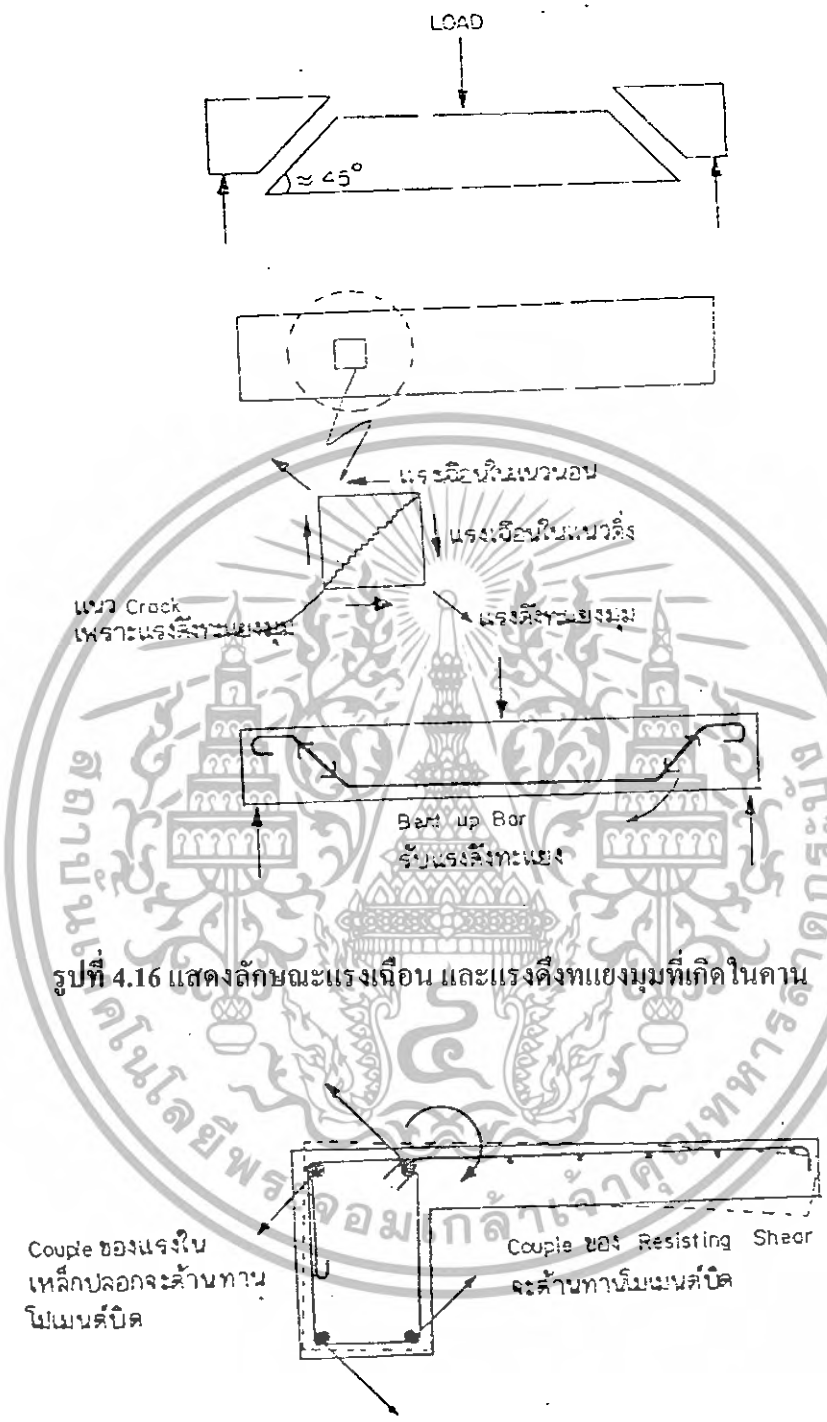
ในคานต่อเนื่อง (Continuous beam) เมื่อน้ำหนักบรรทุกทำให้เกิดแรงดัดในตัวคาน ส่วนบนที่บริเวณกลางคานจะเกิดแรงอัด (Compression) และส่วนล่างที่บริเวณกลางคานจะเกิดแรงดึง (tension) ขึ้น และจะเกิดแรงในลักษณะกลับกันที่จุดที่คานวางบนที่รองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงตัวอย่างคานที่เกิดแรงดัดภายในตัวคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะแรงเฉือน และแรงดึงทแยงมุมที่เกิดในคาน

รูปที่ 4.17 แสดงลักษณะแรงบิดที่เกิดในคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

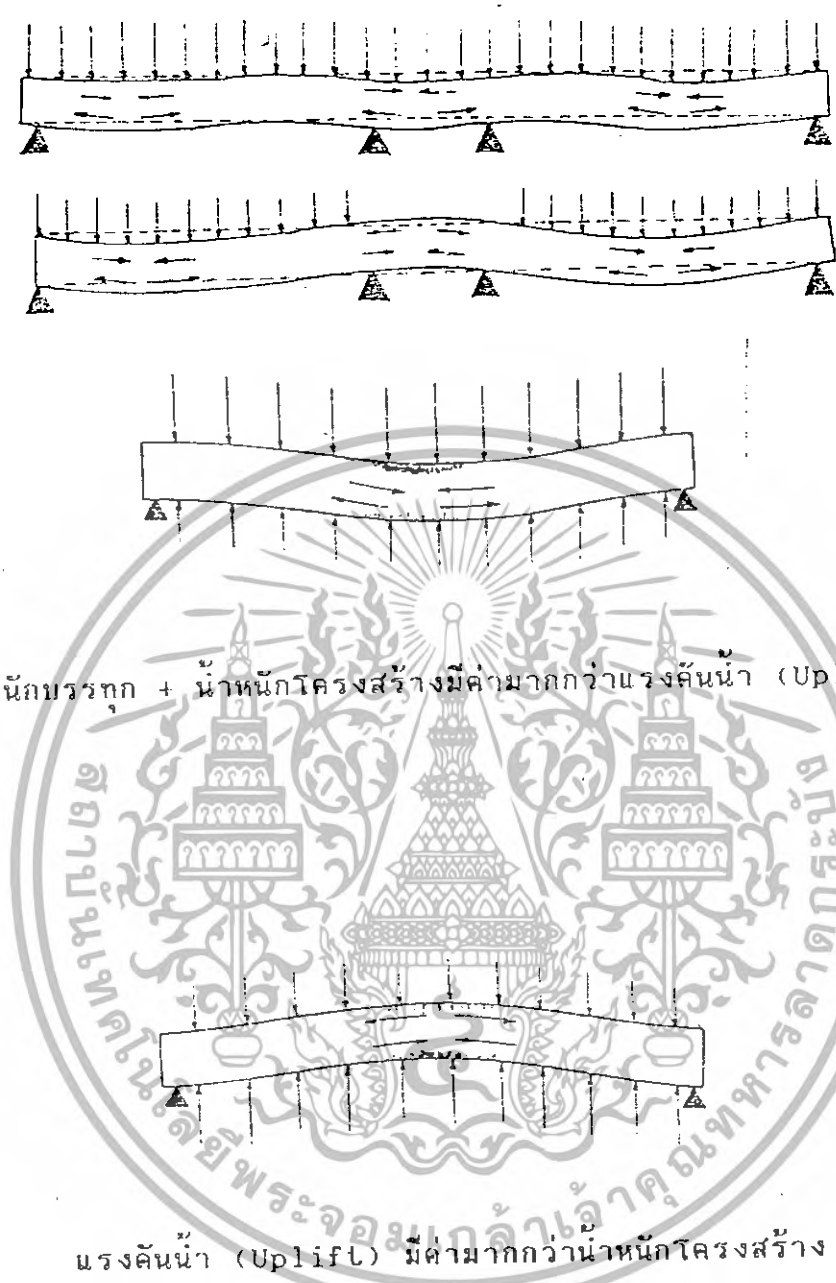
เนื่องจากคอนกรีตมีคุณลักษณะที่สามารถรับแรงอัดได้ดี แต่รับแรงดึงได้ต่ำ และเหล็กเสริม (Reinforcement) มีคุณสมบัติรับแรงดึงได้สูง ดังนั้นจึงได้ใช้เหล็กเสริมมาใส่ในบริเวณส่วนโครงสร้างที่เกิดแรงดึง แรงเฉือน หรือแรงบิด เพื่อช่วยคอนกรีตในการรับแรงที่เกิดขึ้น

ผู้ทำรายละเอียด (Detailers) ควรศึกษาให้เข้าใจถ่องแท้ถึงทฤษฎีเบื้องต้นขององค์อาคาร เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกว่าส่วนใดเกิดแรงอัด แรงดึง แรงเฉือน หรือแรงบิดอย่างไร เพื่อที่จะได้สามารถจัดเหล็กให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องได้

องค์อาคารนั้นเมื่อลักษณะรับน้ำหนักบรรทุกเปลี่ยนแปลงไป แรงที่เกิดในองค์อาคารส่วนนั้นก็เปลี่ยนแปลงไปด้วย บางครั้งเปลี่ยนแปลงไปจนถึงลักษณะตรงกันข้ามก็เป็นไปได้ เช่น จากรับแรงอัดกลายเป็นแรงดึง เป็นต้น ดังตัวอย่างรูปแสดงด้านล่าง ซึ่งคานช่วงกลางมีความยาวน้อย แต่คานข้างเดียวทั้งสองข้างมีความยาวมาก ในกรณีเช่นนี้คานช่วงกลางอาจเกิดแรงในลักษณะกลับกันได้

ตัวอย่างอีกกรณีหนึ่งที่อาจเกิดแรงอัดและแรงดึงกลับกันก็คือ คานที่ถ่ายน้ำหนักจากพื้นห้องใต้ดิน ซึ่งพื้นจะต้องรับแรงดันจากน้ำ (Uplift) ในขณะเดียวกันก็รับแรงดันจากน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงบนพื้นด้วย ถ้าน้ำหนักบรรทุกจากด้านบนมีมากกว่าก็เกิดแรงดึงที่กลางคานส่วนล่าง แต่ถ้าน้ำหนักจากพื้นส่วนบนถูกเคลื่อนย้ายออกไปและแรงดันจากน้ำมีมากกว่าก็เกิดแรงในลักษณะกลับกัน

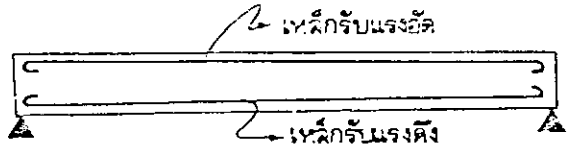
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แสดงแรงอัด และแรงดึงกลับทิศทางกัน

ดังได้กล่าวมาแล้ว โดยปกติเหล็กเสริมจะใส่ในตำแหน่งแรงดึง แรงเฉือน หรือแรงบิด ในบางกรณีความลึกของคานอาจต้องถูกจำกัดความลึก ซึ่งส่วนใหญ่จะเนื่องจากเหตุผลทางสถาปัตยกรรม ทำให้ขนาดของคานที่ถูกกำหนดความลึกไว้นี้ มีแรงอัดที่ส่วนบนของคานเหนือแกนสะเทิน (neutral axis) มากกว่าที่กำลังของคอนกรีตจะสามารถต้านรับไว้ได้โดยปลอดภัย ในกรณีเช่นนี้ก็จะต้องเสริมเหล็กเข้าไปเพื่อช่วยรับแรงอัดที่มากเกินไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 เหล็กเสริมรับแรงอัด

4.3.1 ขนาดของคาน

โดยทั่วไปแรงดัดจะเป็นตัวกำหนดความลึกของคาน ซึ่งผู้ออกแบบเป็นผู้กำหนดขนาดของคาน โดยถือตามมาตรฐานใดเป็นหลัก เช่น มาตรฐาน ว.ส.ท., ACI Code, BS.Code เป็นต้น แต่ผู้ทำรายละเอียดอาจจำกฎทั่วไปไว้บ้างก็อาจมีประโยชน์ไม่น้อย เช่นเพื่อการร่างรายละเอียดเบื้องต้น หรือให้การช่วยเหลือผู้ออกแบบบ้างในบางกรณีหรือช่วยตรวจสอบ เป็นต้น

1. โดยกฎทั่วไป (rule of thumb) คานที่มีช่วงความยาวไม่มากนัก และรับน้ำหนักตามปกติ จะมีความลึกประมาณ 1 ใน 10 ของช่วงความยาวของคาน
2. อัตราส่วนความกว้างต่อความลึกของคาน โดยทั่วๆ ไปในทางปฏิบัติที่ใช้กันอยู่ส่วนมากจะอยู่ในระยะระหว่างอัตราส่วน 1/3 หรือ 2/3
3. องค์ประกอบที่ควรคำนึงถึงอีกประการหนึ่ง สำหรับการเลือกกำหนดความกว้างและความลึกของคานคือควรจะสอดคล้องกับขนาดของไม้แบบที่มีขายทั่วไปในท้องตลาด ซึ่งผู้ทำรายละเอียดและผู้ออกแบบควรที่จะกำหนดให้ไม้สามารถนำมาใช้ได้ทันที โดยที่ไม่ต้องมาดัดแปลงขนาดของไม้แบบอีก ก็จะเป็นการประหยัดทั้งค่าใช้จ่าย ค่าแรงงาน และเวลา
4. นอกจากนี้ ขนาดของคานควรจะต้องสัมพันธ์กับความลึกของคานหลักที่รองรับ หรือขนาดของเสาที่รองรับ อิฐ หรือคอนกรีตบล็อคที่จะก่อบนคานด้วย
5. ในบางกรณีคานอาจถูกจำกัดความลึกโดยเหตุผลทางสถาปัตยกรรม หรือเพื่อให้มีช่องว่างจากใต้ท้องคานถึงระดับฝ้า พอเพียงต่อการเดินท่อลมของระบบปรับอากาศ เป็นต้น ในกรณีนี้ผู้ออกแบบควรพิจารณาเป็นพิเศษเพื่อให้สอดคล้องกับงานระบบนั้นๆ

4.3.2 การจัดเหล็กเสริม

การจัดเหล็กเสริมให้ถูกต้องเหมาะสมตั้งแต่ในการคำนวณการออกแบบ หรือในขณะเขียนแบบเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง มิฉะนั้นอาจก่อให้เกิดปัญหาในขณะก่อสร้างได้โดยไม่สามารถวางเหล็กได้ตามแบบ อาจทำให้ต้องทำการเปลี่ยนแปลงแบบและอาจทำให้เสียเวลาไปโดยใช่เหตุ

ข้อกำหนดสำหรับการจัดเหล็กเสริมในคานโดยทั่วๆ ไปมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ยกเว้นบริเวณที่เหล็กเสริมทาบกัน ระยะช่องว่างระหว่างผิวของเหล็กเสริมอย่างน้อยควรเป็นระยะกว้างที่สุดของระยะข้างล่างนี้

ก. ห่างเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริม ในกรณีที่ใช้เหล็กเสริมขนาดเดียวกันหมด

ข. ห่างเท่ากับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมที่โตกว่า ในกรณีที่ใช้เหล็กเสริมขนาดไม่เท่ากัน

ค. ห่างเท่ากับ 1(1/3) เท่าของขนาดใหญ่สุดของมวลหยาบ (maximum aggregate size) แต่ต้องไม่น้อยกว่า 2.5 ซม.

ง. ในกรณีที่เสริมเหล็กในคานตั้งแต่สองชั้นขึ้นไป ระยะช่องว่างระหว่างผิวเหล็กแต่ละชั้นต้องไม่น้อยกว่า 2.5 ซม. และเหล็กเสริมที่อยู่ชั้นบนควรจะจัดให้ตรงแนวกับเหล็กเสริมชั้นล่าง

2. ความหนาของเนื้อคอนกรีตหุ้มผิวเหล็ก จะต้องไม่น้อยกว่า

ก. 2 ซม. และต้องไม่น้อยกว่าขนาดของเหล็กเสริมหลัก ในกรณีที่คานไม่ได้สัมผัสกับอากาศภายนอกหรือดิน

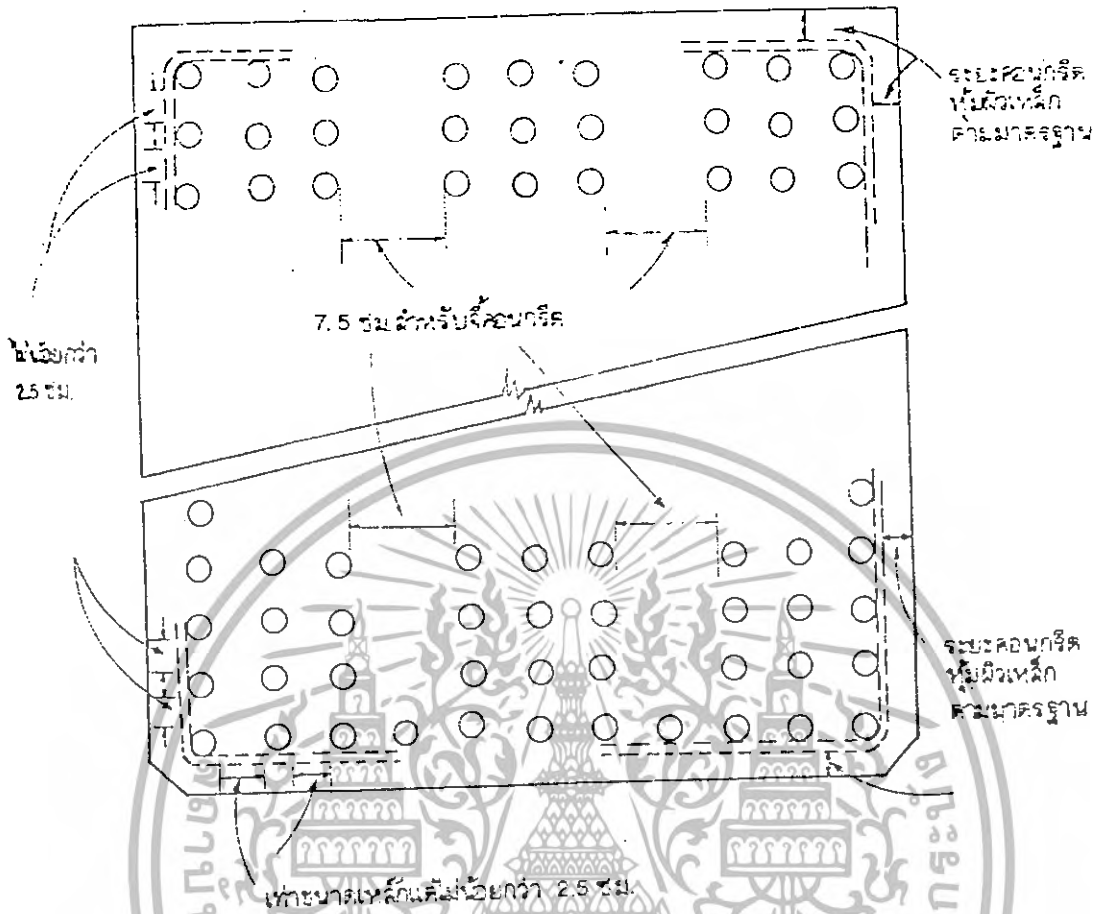
ข. 4 ซม. สำหรับเหล็กขนาดโตกว่า 16 มม. ในกรณีที่คานต้องสัมผัสกับแดด ฝน หรือดิน แต่การเทคอนกรีตต้องไม่เทโดยตรงกับดิน

3. ในกรณีที่คานเหล็กมีปลอกเสริมรับแรงเฉือน (stirrups) ความหนาของเนื้อคอนกรีตหุ้มผิวเหล็กตามข้อ 2 จัดเป็นระยะที่ จากผิวของเหล็กปลอกถึงผิวของคาน

การจัดเหล็กเสริมนั้น หากจัดให้มีช่องว่างได้มากย่อมสะดวกต่อการวางเหล็กเสริม ผูกเหล็กเทคอนกรีต และจี้คอนกรีตได้มากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามช่องว่างระหว่างเหล็กเสริมอาจจัดให้ชิดยิ่งขึ้นบ้างได้ โดยการจัดเหล็กเป็นกลุ่ม และมีที่เหลือเพียงพอสำหรับการเทและจี้คอนกรีตได้ดังรูปที่ 6 ทั้งนี้ช่องว่างสำหรับการจี้คอนกรีตควรมีระยะไม่น้อยกว่า 7.5 ซม.

สำหรับระยะห่างระหว่างเหล็กเสริมในคานตั้งในทางปฏิบัติอาจใช้เศษเหล็กประมาณเท่ากับเหล็กเสริมที่ใหญ่ที่สุดของคานนั้นเป็นตัวขั้นระหว่างเหล็กเสริม ซึ่งเรียกในทางศัพท์ช่างว่า "ลูกคัก" (Spacer) โดยวางห่างกันทุกๆ ระยะประมาณ 1.00 -1.20 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 การจัดเหล็กเสริมในคาน

4.3.3 ข้อควรจำ

1. การจัดเหล็กเสริม ควรจัดให้มีลักษณะให้สมมาตรกับแกนกึ่งกลางในแนวตั้งของตัวคาน
2. ในกรณีของคานที่เสริมเหล็กเพียงชั้นเดียว แต่ประกอบด้วยเหล็กเสริมขนาดต่างกันควรจัดเหล็กที่มีขนาดใหญ่กว่าไว้ด้านริมนอก ขนาดเหล็กเสริมที่ต่างกันไม่ควรใช้ต่างกันมากเกินไป
3. สำหรับคานที่เสริมเหล็กหลายชั้น และประกอบด้วยเหล็กเสริมขนาดไม่เท่ากัน ควรจัดเหล็กที่มีขนาดใหญ่กว่าไว้ชั้นล่าง และขอบนอกก่อน หากมีเหล็กเสริมที่มีขนาดใหญ่กว่าเหลืออีกก็ควรจัดเหล็กที่มีขนาดใหญ่กว่าที่เหลือไว้ริมนอกในชั้นต่อไป
4. ในคานที่ประกอบด้วยเหล็กเสริมจำนวนมาก ควรจัดเหล็กเป็นกลุ่ม โดยจัดให้สามารถเทและจี้คอนกรีตได้ทั่วถึงและสะดวกเป็นสำคัญ และควรเขียนรายละเอียดให้ชัดเจนด้วย
5. ในกรณีที่ต้องทาบต่อเหล็กเสริมในคานสิ่งที่ต้องระมัดระวังหรือควรหลีกเลี่ยงคือ ไม่ควรทาบเหล็กเสริมในบริเวณที่เกิดแรงดึง (tension) สูงสุด เช่นเหล็กบนไม่ควรทาบต่อที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งใกล้หัวเสา และเหล็กล่างไม่ควรทาบต่อที่บริเวณช่วงกลางคาน เพราะบริเวณดังกล่าวนี้เป็นจุดที่เกิดแรงดึงสูงสุดตามปกติ หากผู้ออกแบบประสงค์หรืออนุญาตให้ทาบเหล็กที่บริเวณใดก็ควรกำหนดหรือระบุในแบบให้ชัดแจ้งด้วย

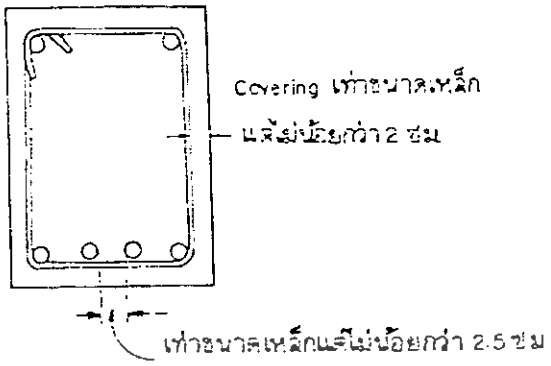
ตารางที่ 4.1ขนาดความกว้างน้อยสุด (โดยประมาณของคาน ซม.)

ขนาดเหล็กเสริม (มม.)	จำนวนเหล็กเสริมใน 1 ชั้น									ความกว้างเพิ่มขึ้นสำหรับการเพิ่มเหล็กเสริมทุกๆ เส้น (ซม.)
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
12	10.1	13.8	17.5	21.2	24.9	28.6	32.3	36.0	39.7	3.7
16	10.9	15.0	19.1	23.2	27.3	31.4	35.5	39.6	43.7	4.1
20	11.7	16.2	20.7	25.2	29.7	34.2	38.7	43.2	47.7	4.5
22	12.5	17.2	21.9	26.6	31.3	36.0	40.7	45.4	50.1	4.7
25	13.7	18.7	23.7	28.7	33.7	38.7	43.7	48.7	53.7	5.0
28	15.2	20.8	26.4	32.0	37.6	43.2	48.8	54.4	60.0	5.6
32	17.2	23.6	30.0	36.4	42.8	49.2	55.6	62.0	68.4	6.4

หมายเหตุ ตารางข้างต้นคิดจาก

1. normal maximum aggregate size ขนาด 3/4 นิ้ว
2. ช่องว่างระหว่างผิวเหล็กเสริมห่างกัน 2.5 ซม. หรือเท่ากับขนาดของเหล็กเสริมในกรณีที่เหล็กเสริมมีขนาดโตกว่า 25 มม.
3. เนื้อคอนกรีตข้างคานหุ้มถึงผิวเหล็กปลอกหนา 2.0 ซม. หรือหนาเท่ากับขนาดของเหล็กเสริมในกรณีที่เหล็กเสริมมีขนาดโตกว่า 2.0 ซม.
4. เหล็กปลอกที่ใช้มีขนาด 6 มม. ในกรณีที่ใช้เหล็กปลอกขนาด 9 มม. ก็เพิ่มความกว้างของคานอีก 0.6 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 การจัดเหล็กเสริมในคาน

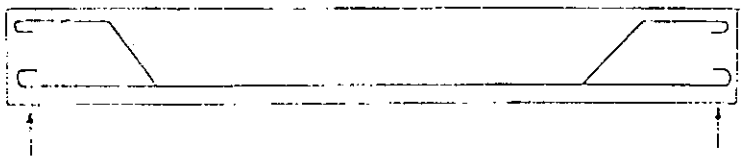
4.3.4 เหล็กเสริมรับแรงเฉือน

เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกกระทำกับคานจะก่อให้เกิดแรงเฉือน (shear) ทั้งในแนวตั้ง (vertical) และแนวนอน (horizontal) ในตัวคาน ผลลัพธ์ของแรงดังกล่าวทั้งสอง เรียกว่า diagonal tension (โดยทั่วๆ ไปเรียกว่า shear) ซึ่งมีค่าสูงสุดในบริเวณใกล้จุดรองรับ (support) และมีผลอาจทำให้เกิดแรงแตกร้าว (cracks) ในบริเวณนี้ได้ในระนาบ (plan) เป็นมุมประมาณ 45 องศา กับแกนนอนของคานดังรูปที่ 2

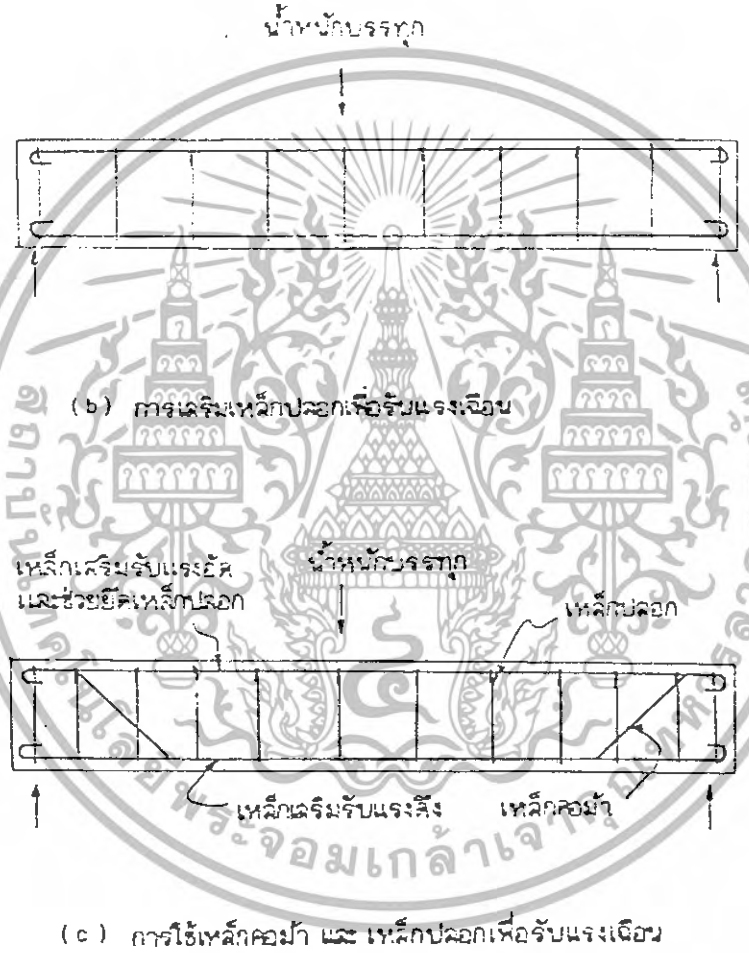
การป้องกันไม่ให้คานเกิดร้าว อันเนื่องจากสาเหตุของแรงเฉือน diagonal tension สามารถทำได้โดยการเสริมเหล็กรับ ซึ่งมีใช้กันทั่วไป 3 วิธี คือ

1. ใช้เหล็กล่างที่รับแรงดัดของคาน ดัดคอม้าขึ้นรับแรงเฉือน เรียกว่าเหล็กคอม้า (bent up bar)
2. ใช้เหล็กเสริมรับแรงเฉือน หรือเรียกทั่วๆ ไปว่า เหล็กปลอก (stirrups) วางตั้งฉาก หรือทำมุม 45 องศา หรือมากกว่ากับแนวเหล็กเสริมรับแรงดึง
3. ใช้วิธี 1. และ 2. ร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) การใช้เหล็กคอม้า เพื่อรับแรงเฉือน

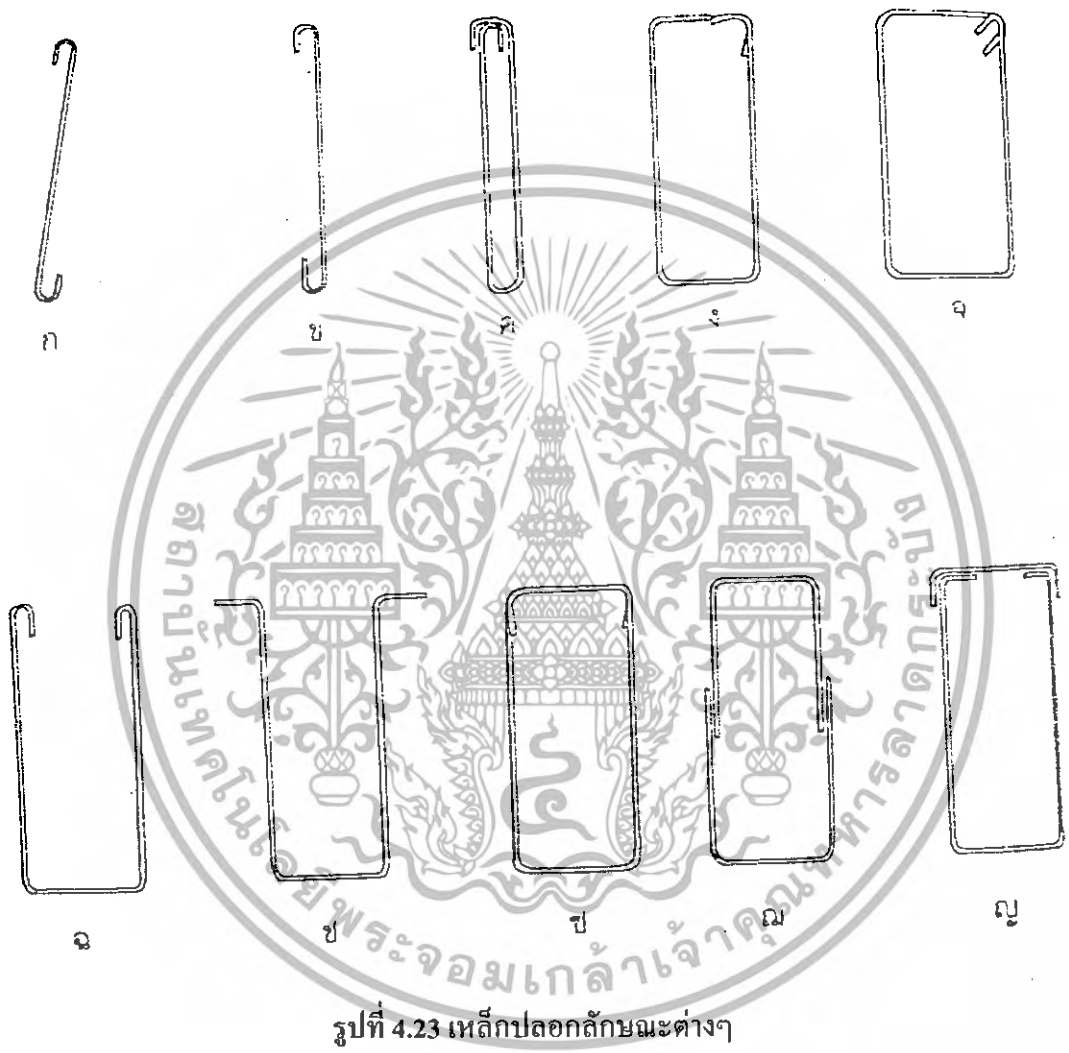


รูปที่ 4.22 การเสริมเหล็กเพื่อรับแรงเฉือนในคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 ประเภทของเหล็กปลอก

เหล็กปลอกอาจดัดเป็นรูปต่างๆ ได้หลายๆ รูป ตามลักษณะและความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งพออธิบายได้ ดังนี้



รูปที่ 4.23 เหล็กปลอกลักษณะต่างๆ

เหล็กปลอกตามรูป ก., ข. และ ค. โดยทั่วๆ ไปใช้กับคานที่เสริมเหล็กแถวเดียว เช่น คานทับหลัง คานเอ็น หรือเสาเอ็น หรือแผงคอนกรีตที่ส่วนความกว้างของคานแคบมากๆ

เหล็กปลอกตากรูป ฉ. และ ช. โดยทั่วไปใช้กับคานย่อย หรืออาจใช้กับ simple beam

เหล็กปลอกตามรูป ช. ใช้กับคานที่รับ torsion นอกเหนือจากรับ bending ด้วย

เหล็กปลอกดามรูป ฌ. และ ญ. ใช้ในกรณีที่เสริมเหล็กบนภายหลัง

โดยทั่วๆ ไปเหล็กปลอกในคานจะใช้ตามรูป ง. หรือ จ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 ระยะเรียงของเหล็กปลอก

ระยะเรียงของเหล็กปลอกนั้น วิศวกรผู้คำนวณออกแบบจะเป็นผู้กำหนด ซึ่งควรจะกำหนดให้เหล็กปลอกมีระยะเรียงไม่ชิดกันจนเกินไป ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกต่อการเทคอนกรีต

โดยปกติแรงเฉือนในคานจะมีค่าสูงสุดบริเวณใกล้จุดรองรับ (support) และมีค่าลดน้อยลงตามลำดับเมื่อห่างระยะจากจุดรองรับ บริเวณที่มีค่าแรงเฉือนสูงมากขึ้นอาจเสริมเหล็กปลอกให้มีระยะเรียง (spacing) น้อย หรืออาจใช้เหล็กปลอกที่มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือเพิ่มจำนวนเหล็กปลอกเป็นปลอกคู่หรือ 3 ปลอกก็ได้ และที่ระยะห่างจากจุดรองรับมากขึ้นค่าแรงเฉือนมีค่าน้อยลง ระยะเรียงของเหล็กปลอกก็จัดให้ห่างขึ้นได้

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าตามทฤษฎีต้องการเสริมเหล็กปลอกเพียงระยะบางส่วนของคานเท่านั้น และระยะเรียงระหว่างเหล็กปลอกก็แตกต่างกันไปแต่ละช่วงคานนั้น ในทางปฏิบัติโดยทั่วไปจะใส่เหล็กปลอกตลอดความยาวของคาน และใช้ระยะเดียวกันตลอดคาน หรือระยะเรียงต่างกันไม่เกิน 2-3 ช่วงห่าง เหล็กปลอกส่วนที่ใส่นอกเหนือจากความต้องการทางทฤษฎีใช้เพื่อช่วยยึดเหล็กเสริมบน (upper bars) ของคานให้อยู่ในตำแหน่งและระดับที่ต้องการได้ อีกทั้งเพื่อความสะดวกในการทำงานโดยไม่ทำให้คนงานผูกเหล็กเกิดความสับสนจากระยะเรียงของเหล็กปลอกที่เปลี่ยนไปเรื่อยๆ

ในกรณีที่วิศวกรผู้ออกแบบกำหนดระยะเรียงของเหล็กปลอกต่างกันเป็นช่วงๆ ก็ควรจะระบุรายละเอียดระยะเรียง จำนวนเหล็กปลอก และความยาวแต่ละช่วงให้ชัดเจน ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกในการทำงาน

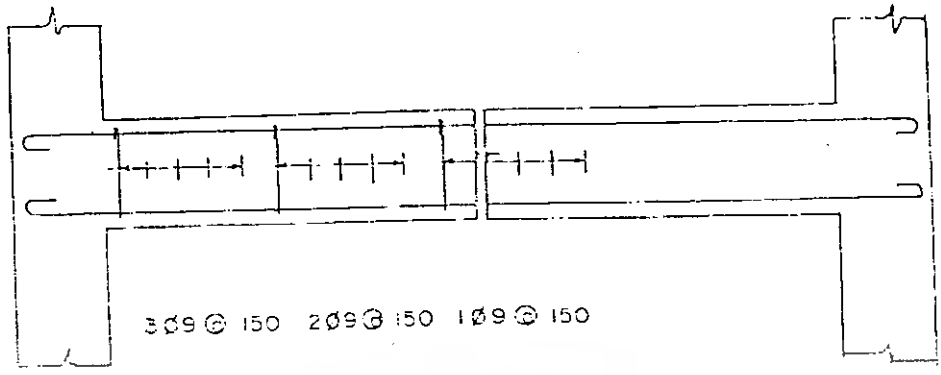
ขนาดของเหล็กปลอกโดยทั่วไปใช้เหล็กขนาด 6, 9 หรือ 12 มม. ตามขนาดความลึกที่เพิ่มขึ้นของคานเหล็กที่มีขนาดใหญ่กว่านี้จะมีปัญหายุ่งยากมากในการทำงาน

สำหรับคานที่มีความลึกมากกว่า 1 เมตรขึ้นไป และมีเหล็กเสริมหลักมากควรพิจารณาเรื่องเหล็กปลอกเป็นพิเศษด้วยว่า จะเกิดการดัดโก่งขณะทำงานหรือไม่

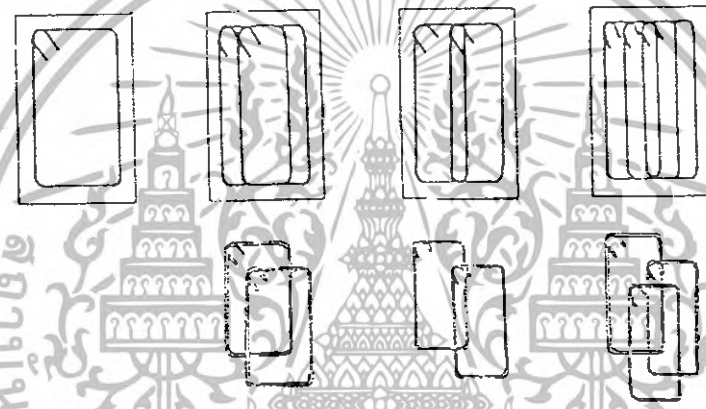
ในบางกรณีที่มีค่าแรงเฉือนในคานสูงมาก และขนาดของเหล็กปลอกอันเดียวไม่สามารถรับแรงเฉือนดังกล่าวได้ หรืออาจรับได้แต่ระยะเรียงของเหล็กปลอกใกล้ชิดเกินไปไม่สะดวกต่อการเทและชี้คอนกรีต ก็อาจจัดเหล็กปลอกเป็น 2 หรือ 3 ปลอกซ้อนกัน เพื่อให้มีช่องว่างสะดวกต่อการเทคอนกรีต

เหล็กปลอกอันแรกหรือชุดแรก ไม่ควรห่างจากผิวเสาเกิน 5 ซม.

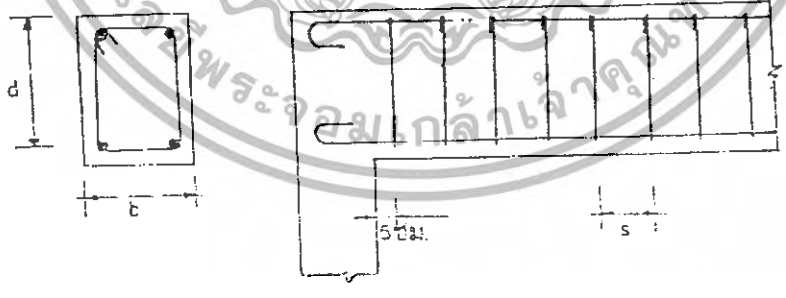
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 แสดงการระบุจำนวนขนาด ระยะเรียง และช่วงเสริมเหล็กปลอกในคาน



รูปที่ 4.25 แสดงการใส่เหล็กปลอกลักษณะต่างๆ



รูปที่ 4.26 การจัดเหล็กปลอก

ดังที่กล่าวมาแล้ว การกำหนดระยะเรียงของเหล็กปลอกมากขนาดเกินไปนั้นเป็นการเพิ่มงานและความสับสนแก่ผู้ก่อสร้าง นอกจากนี้แล้วยังเป็นการเพิ่มงานแก่ผู้ให้รายละเอียดหรือผู้เขียนแบบด้วย ผู้ออกแบบจึงควรจัดทำ sketch sheet มาตรฐานไว้เพื่อสั่งงานให้ผู้ให้รายละเอียดเขียนแบบได้ง่ายโดยที่ตนเองจะได้ไม่เสียเวลามากด้วย

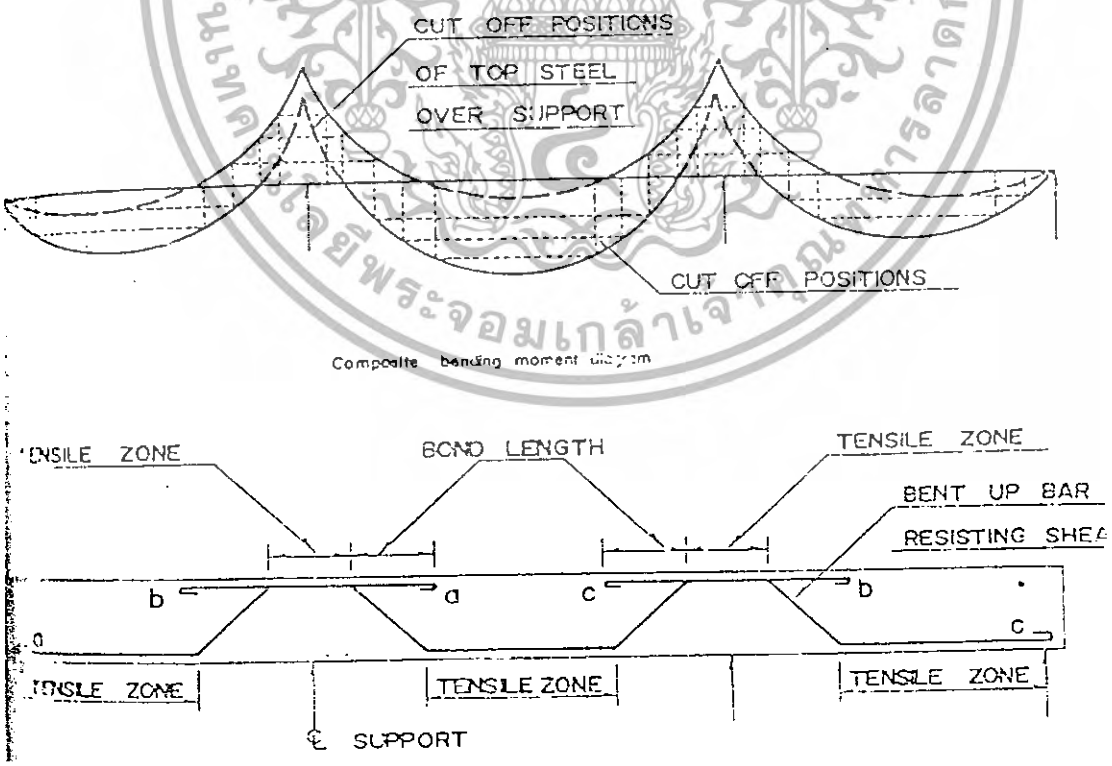
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่ควรคำนึงถึงก็คือ การปฏิบัติในสนามนั้น จะจัดรวมเหล็กปลอกไว้ที่บริเวณเดียวของคานก่อน จากนั้นจึงจัดเข้าตามตำแหน่งที่ระบุในแบบแปลน ฉะนั้นการจัดเหล็กปลอก 2 หรือ 3 ปลอกย่อมยากกว่าจัดเหล็กปลอกเดียวอย่างแน่นอน โดยเฉพาะกรณีที่เหล็กเสริมตามความยาวของคานเป็นชนิดข้ออ้อย และเหล็กปลอกก็เป็นชนิดเหล็กข้ออ้อยแล้ว ก็จะยิ่งเพิ่มความยากลำบากในการทำงานมากขึ้นไปอีก

4.3.7 เหล็กคอม้า (Bent - Up Bars)

ในกรณีที่คานรับแรงเฉือนไม่มากนัก และใช้เหล็กปลอกวิธีเดียวก็สามารถรับแรเฉือนดังกล่าวได้ ก็ไม่ควรจัดเหล็กตามความยาวของคานให้เป็นเหล็กคอม้าเพื่อรับแรงเฉือนเพราะเป็นการเพิ่มความยุ่งยากในการทำงานในสนามในการสอดเหล็กผ่านเสา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีเหล็กเสริมในเสามาก ดังนั้นหากเป็นไปได้ควรใช้เหล็กปลอกดีกว่า จะทำให้การทำงานในสนามสะดวกและง่ายกว่า

โดยปกติ เหล็กคอม้าจะดัดขึ้นมาจากจุดที่เหล็กล่างของคาน ไม่จำเป็นต้องรับแรงดึงที่ส่วนล่างของคานอีกต่อไป เพื่อช่วยรับแรงเฉือน และต่อไปยังหัวเสาเพื่อทำหน้าที่รับ negative moment ที่บริเวณหัวเสาอีกต่อหนึ่ง ดังได้กล่าวแล้วว่าเหล็กคอม้าจะทำให้การทำงานยากขึ้น ดังนั้นหากจะหลีกเลี่ยงเหล็กคอม้า ก็อาจจะหยุดเหล็กล่างส่วนที่ไม่จำเป็นอีกต่อไปที่ตำแหน่ง cut off position ตามมาตรฐาน (ดูรูป 13) ส่วนเหล็กที่ต้องการใช้เพื่อรับ negative moment ที่หัวเสานั้นก็ใช้เหล็กเสริมพิเศษต่างหาก ก็จะทำให้การในสนามสะดวกรวดเร็วและง่ายมากขึ้น



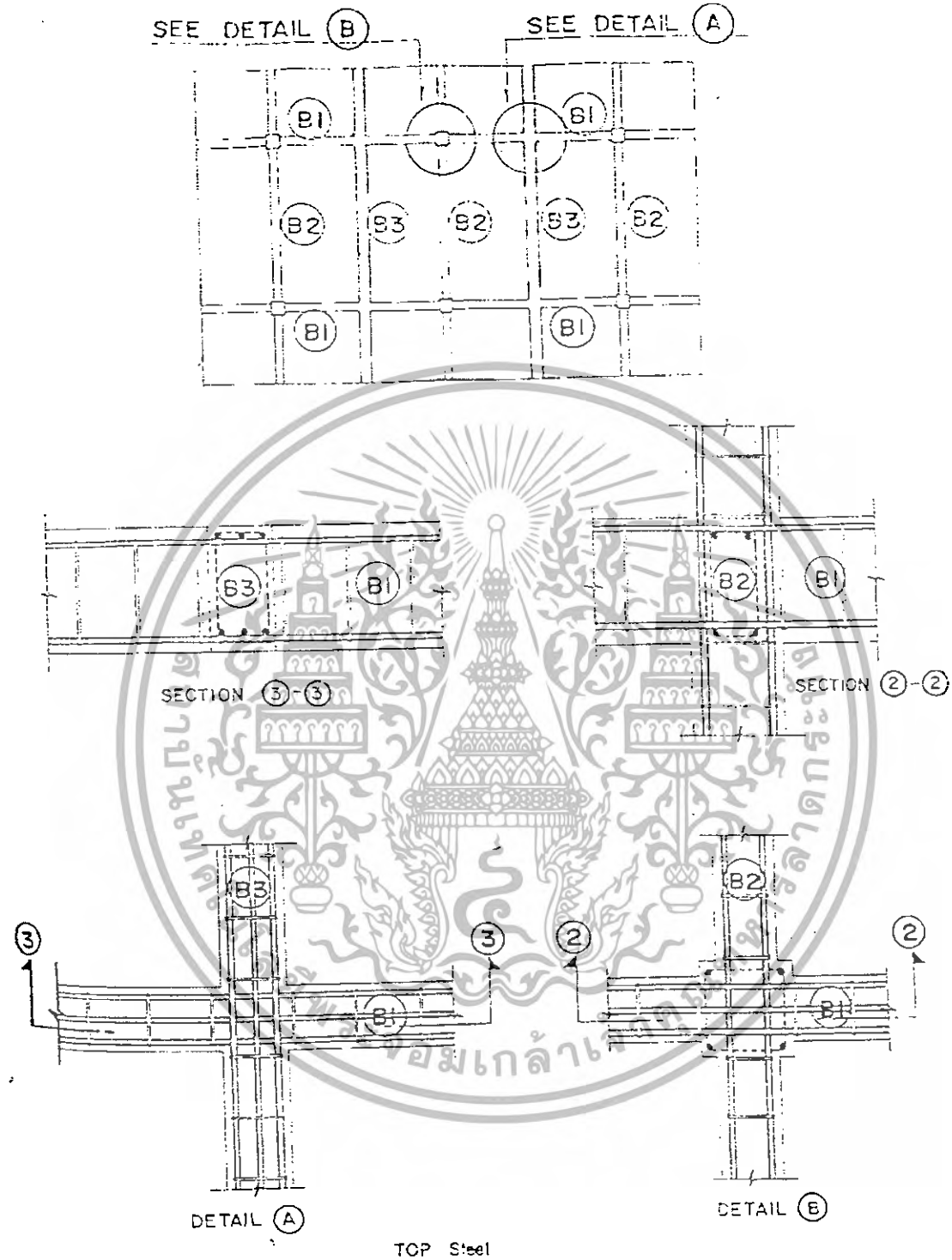
รูปที่ 4.27 Main Steel in Continuous Beam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.8 ข้อควรระวัง

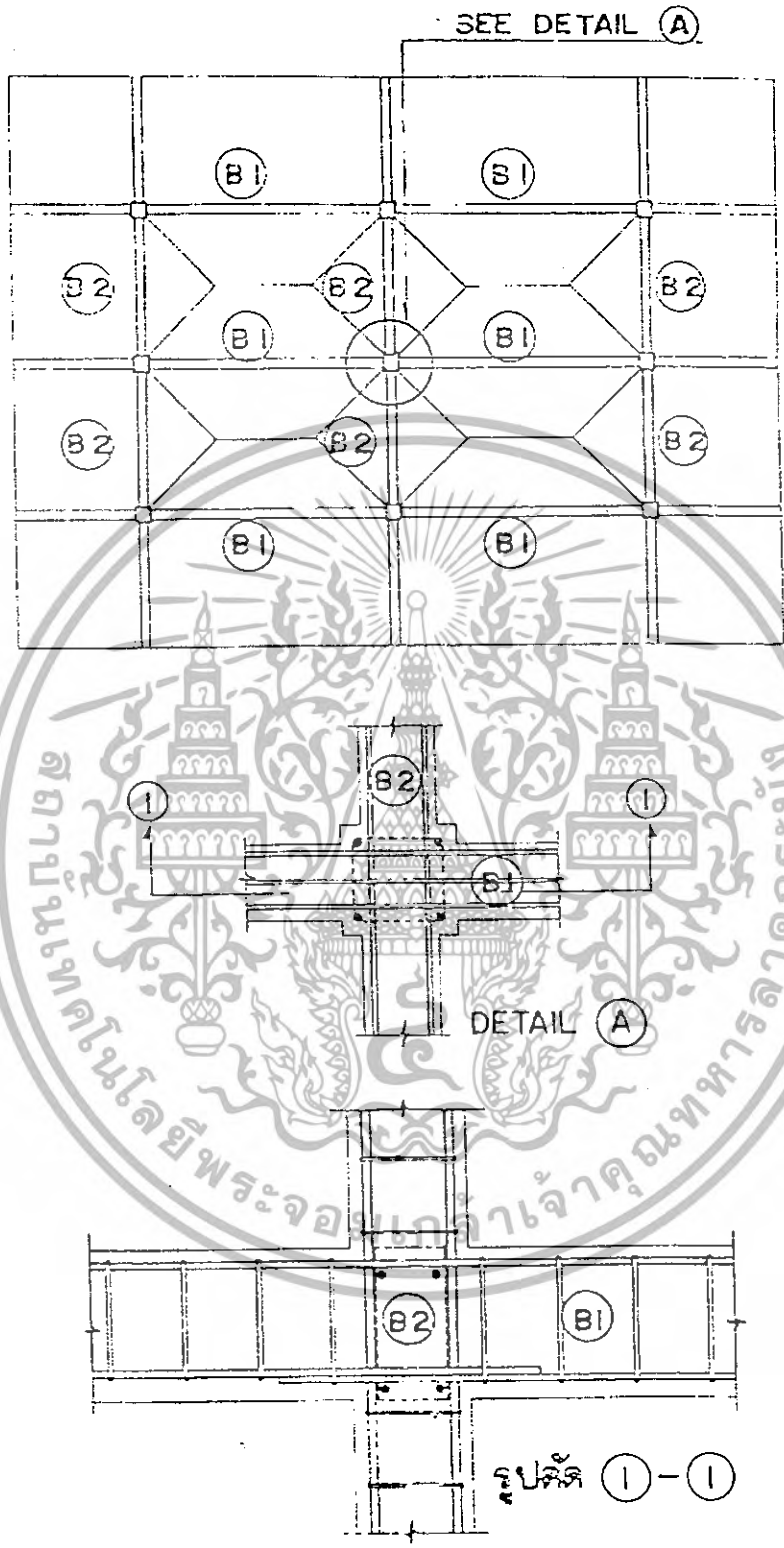
การจัดเหล็กในคาน จุดที่ควรต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ คือ บริเวณตำแหน่งหัวเสาและจุดตัดของคาน จะต้องจัดเหล็กให้เป็นไปตามที่วิศวกรผู้ออกแบบได้คำนวณไว้ กล่าวคือ เหล็กเสริมหลัก (main reinforcement) ในคานเอกต้องอยู่ในตำแหน่งที่จะทำงานก่อน เช่น บริเวณหัวเสา ซึ่งเป็นโมเมนต์ลบ เหล็กเสริมคานเอกควรจัดอยู่บนและบริเวณกลางคานเหล็กเสริมคานเอกควรอยู่ล่าง ในแบบรายละเอียดส่วนมากจะไม่แสดงรายละเอียดที่จุดตัดไว้ ในกรณีนี้ผู้ทำการก่อสร้างควรทำความเข้าใจแบบและสอบถามให้ชัดเจนเพื่อมิให้เกิดปัญหาการจัดวางเหล็กผิดตำแหน่งดังกล่าวมาแล้ว แบบที่ดีควรแสดงรายละเอียดส่วนนี้ไว้ด้วย ในระบบการเขียนรายละเอียดที่ดีคานในทิศทางตั้งฉากกันหรือตัดกัน ผู้ให้รายละเอียดและผู้ออกแบบจะกำหนดระยะคอนกรีตหุ้มผิวเหล็ก (conversing) บนและล่างไว้ต่างกัน หากกำหนดระยะคอนกรีตหุ้มผิวเหล็กล่างของคานในทิศทางหนึ่งไว้มากกว่าระยะคอมกรีตหุ้มผิวเหล็กล่างของคานในอีกทิศทางหนึ่งที่จะตัดกันก็แสดงว่า เหล็กเสริมล่างในคานในทิศทางแรกจะต้องอยู่บนเหล็กล่างของคานอีกทิศทางหนึ่ง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



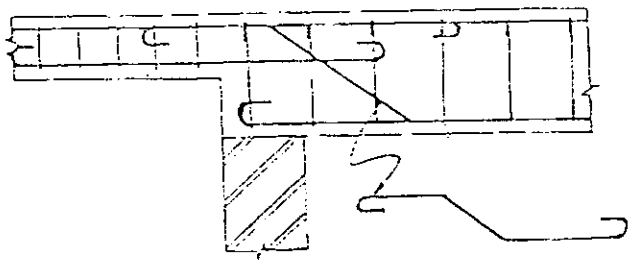
รูปที่ 4.28 แสดงจุดดัดของคานรับพื้นทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

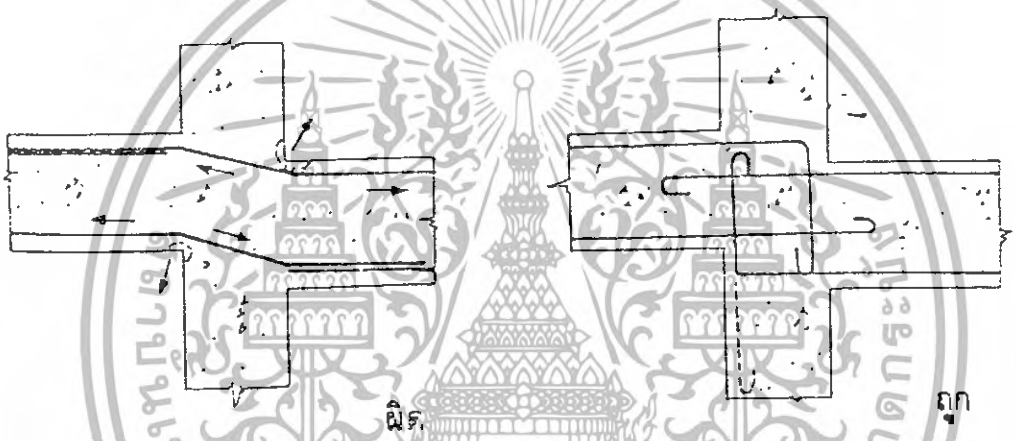


รูปที่ 4.29 แสดงจุดตัดของคานรับพื้นสองทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

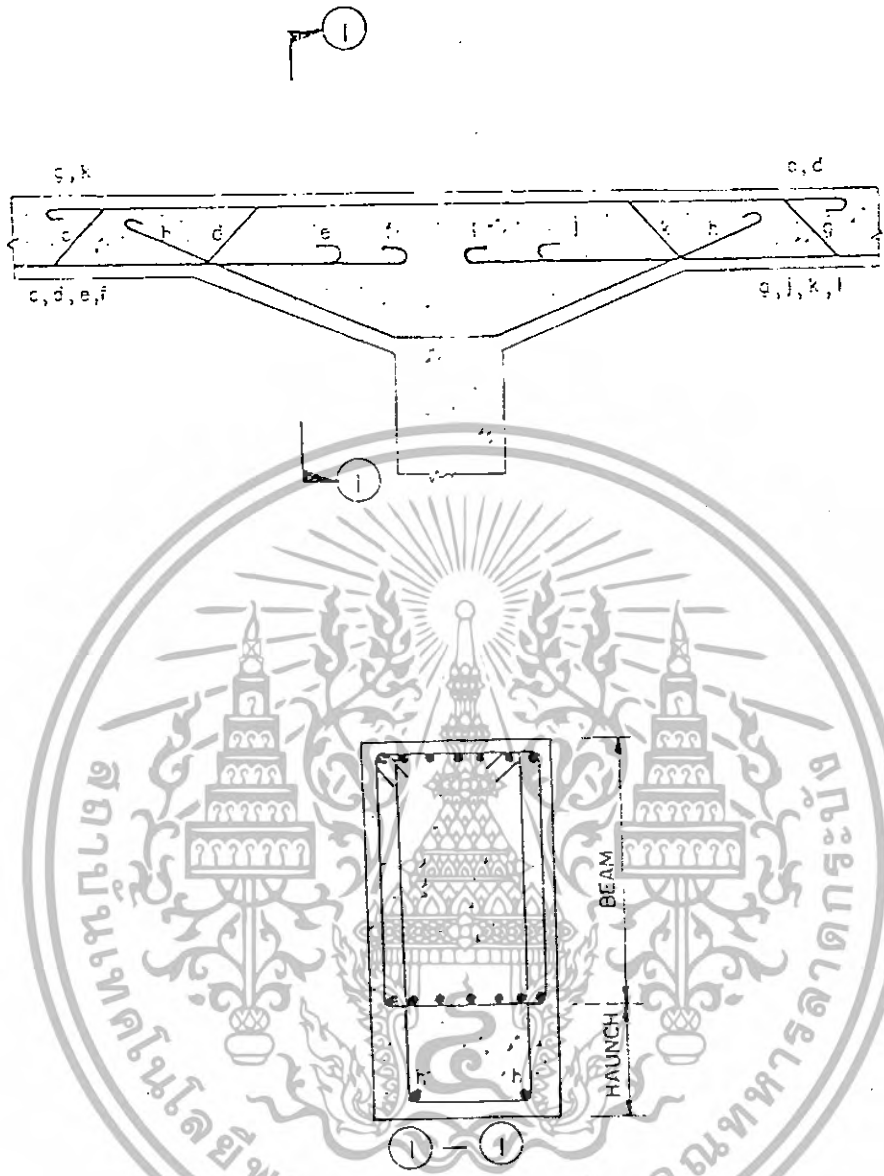


คานมีความลึกต่างกัน



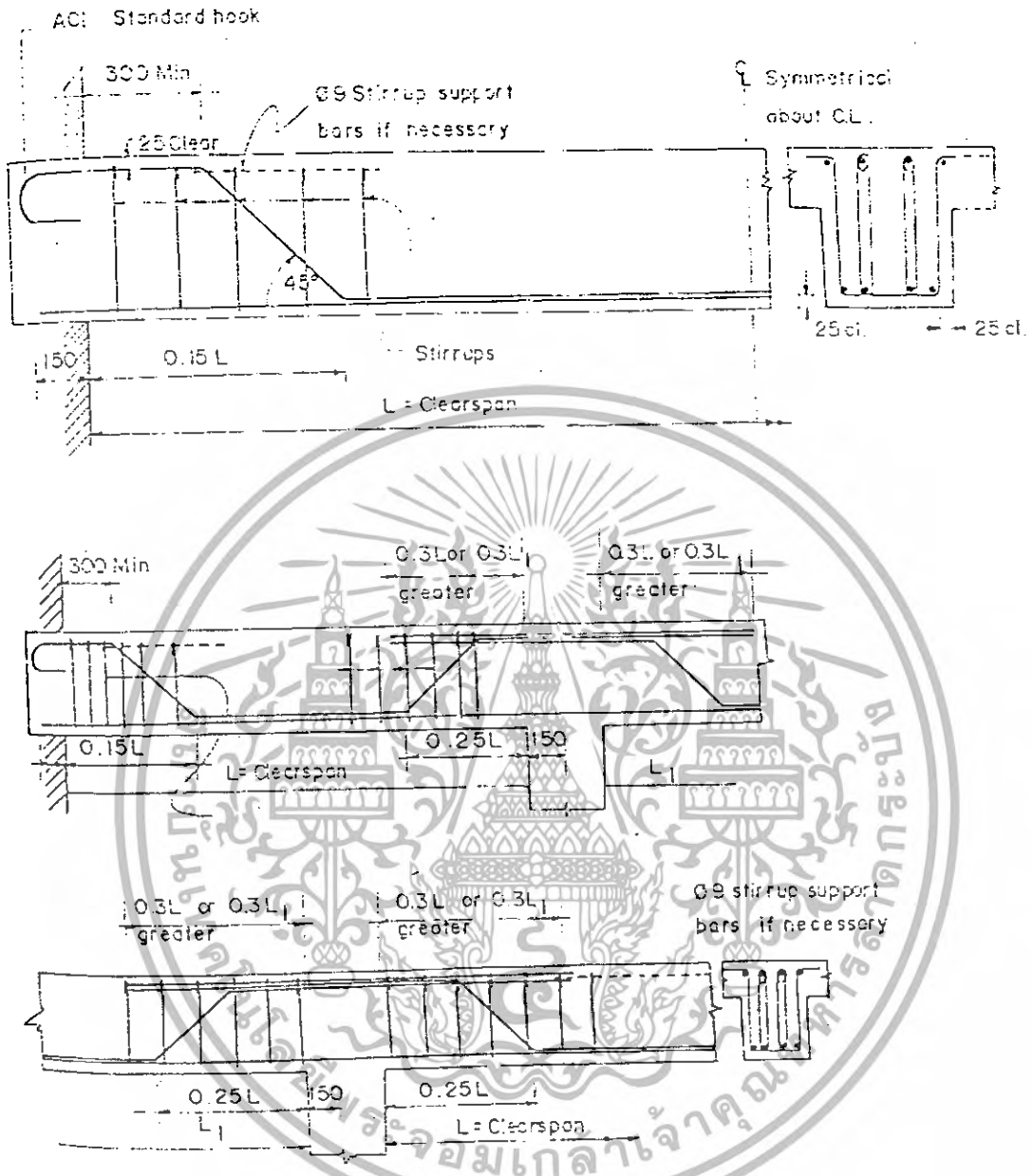
รูปที่ 4.30 แสดงการจัดเหล็กที่จุดต่อคานที่มีความลึกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 แสดงเหล็กเสริม Haunch beam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 ระยะเสริมเหล็กคอม้าและเหล็กเสริมพิเศษตามมาตรฐาน ACI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อกับที่

พื้น เป็นองค์อาคารที่รับน้ำหนักโดยตรงจากน้ำหนักจร เพื่อถ่ายน้ำหนักไปยังองค์อาคารอื่นๆ ในอาคารทั่วๆ ไป พื้นเป็นส่วนประกอบที่มากที่สุดของอาคาร ดังนั้นการเลือกระบบพื้นที่ถูกต้องและเหมาะสมกับการใช้งาน รวมทั้งการให้รายละเอียดที่ชัดเจน ถูกต้อง และจัดเหล็กให้ประหยัด ทำงานง่าย ย่อมจะทำให้ประหยัดราคาก่อสร้างและเวลาได้อย่างแน่นอน

ระบบพื้นมีหลายชนิด ซึ่งได้รวบรวมรายละเอียดประเภทพื้น และแสดงพฤติกรรมของพื้นเมื่อทำงานไว้ โดยสังเขปดังนี้

4.4.1 แผ่นพื้นวางบนดิน (Slab on Ground)

พื้นประเภทนี้มักใช้กับพื้นโรงงาน, โกดัง, บ้านพักอาศัย, ถนน หรือทางเข้า โดยเหตุที่พื้นชนิดนี้รองรับด้วยดิน หรือทรายถมบดอัดแน่น เมื่อชั้นดินเกิดการทรุดตัวลงตามธรรมชาติพื้นชนิดนี้ก็จะทรุดตัวตามลงไปด้วย จึงต้องตัดพื้นขาดจากส่วนของ โครงสร้างอื่นมิฉะนั้นส่วนที่ติดกับโครงสร้างจะแตกร้าวได้

ปัญหาที่พบมากสำหรับพื้นวางบนดิน มักเป็นการแตกร้าวเนื่องจาก การบดอัดดิน หรือทรายถมไม่แน่นพอ และการทรุดตัวของดินตามธรรมชาติ เนื่องจาก Consolidate ซึ่งจะทำให้เกิดการทรุดตัวของพื้นซึ่งอาจไม่เท่ากัน อีกกรณีหนึ่งคือ การแตกร้าวเนื่องจากการยืดหดตัวของคอนกรีต ดังนั้นพื้นวางบนดินควรจะมีการตัดช่วงเป็น Block ไว้ โดยที่ช่วงที่ตัดจากกันไม่เกิน 6 เมตร และเสริมเหล็กเพื่อป้องกันการยืดหดตัวด้วย

4.4.2 แผ่นพื้นทางเดียว (One Way Slab)

ลักษณะของพื้นแบบนี้ที่พบโดยทั่วไปคือพื้นที่มีการรองรับทั้งสี่ด้าน แต่มีอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นตั้งแต่ 2 ขึ้นไป หรือพื้นที่มีคานรองรับเพียงสองด้านขนานกัน ตามทฤษฎีแล้วการโก่งของพื้นระบบทางเดียวนี้จะโก่งเพียงเฉพาะด้านสั้นด้านเดียว ดังนั้นในการออกแบบจึงคิดเป็นเสมือนคานซึ่งอาจเป็นช่วงเดียวธรรมดา หรือ ต่อเนื่องแล้วแต่ลักษณะการต่อเนื่องของพื้น เหล็กเสริมทางด้านสั้นจึงเป็นเหล็กเสริมหลัก ส่วนเหล็กเสริมตามด้านยาวเป็นเหล็กซึ่งช่วยในการกระจายแรง (Distribution Steel) และทำหน้าที่ยึดเหล็กเสริมหลักให้อยู่ในตำแหน่งด้วยปริมาณเหล็กนี้ไม่ควรมีจำนวนน้อยกว่า 15% ของเหล็กเสริมหลัก หรือไม่น้อยกว่า 0.25 % ของพื้นที่หน้าตัดของคอนกรีต

ระยะโก่งของพื้นระบบทางเดียวจะมีการโก่งมากกว่าพื้นระบบสองทางตามมาตรฐาน ว.ส.ท. ความหนาของพื้นจึงควรจะหนาไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ระยะโก่งของพื้นทางเดียว

ช่วงเดียวธรรมดา	ปลายต่อเนื่องข้างเดียว	ปลายต่อเนื่องสองข้าง	ปลายยื่น
L/25	L/30	L/35	L/12

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า การโก่งของพื้นทางเดียวจะมีเพียงด้านสั้นด้านเดียว นั่นคือมีโมเมนต์เฉพาะทางด้านสั้น แต่โดยพฤติกรรมที่แท้จริง ด้านยาวจะมีโมเมนต์เกิดขึ้นอยู่บ้างเล็กน้อย ดังนั้น จะต้องมีเหล็กบนที่จุดรองรับของด้านยาวอยู่บ้าง มิฉะนั้น ผิวบนของพื้นที่ติดกับคานอาจแตกได้

4.4.3 แผ่นพื้นสองทาง (Two Way Slab)

พื้นระบบสองทาง เป็นพื้นที่มีอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นน้อยกว่า 2 การยึดรั้งของคานโดยรอบพื้นจะมีทั้งสองทาง ดังนั้นความหนาของพื้นรวมทั้งขนาดเหล็กเสริมทางด้านสั้นจะน้อยกว่าพื้นระบบทางเดียวซึ่งมีการยึดรั้งเพียงด้านสั้นด้านเดียว ความหนาของพื้นระบบสองทางไม่ควรน้อยกว่าเส้นรอบรูป / 180 หรือไม่น้อยกว่า 8 ซม. ระยะเรียงศูนย์ถึงศูนย์ของเหล็กเสริมต้องไม่ห่างเกิน 3 เท่าของความหนาพื้น

ในบางครั้งพื้นที่มีอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นน้อยกว่า 2 อาจเป็นพื้นระบบทางเดียวได้ ถ้าหากว่าคานด้านหนึ่งมีขนาดใหญ่ (very stiff) กว่าอีกด้านหนึ่งมาก

ข้อควรจำคือ เหล็กเสริมทางด้านสั้น จะมีปริมาณมากกว่าเหล็กเสริมด้านยาวเสมอ ดังนั้น การจัดวางเหล็กต้องให้เหล็กเสริมชั้นล่างด้านสั้นอยู่ล่าง และเหล็กเสริมชั้นบนด้านสั้นอยู่บน

4.4.4 แผ่นพื้นมีคานรองรับสามด้าน (Slab Supported on Three Sides)

พื้นแบบนี้มักพบสำหรับ แผ่นพื้นที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่ หรือชานพักบันได

4.4.5 แผ่นพื้นยื่น (Cantilever Slab)

พื้นยื่น มักจะพบมากในส่วนที่เป็นกันสาด ลักษณะการโก่งของพื้นจะโก่งดังรูป ดังนั้นเหล็กเสริมหลักจะต้องอยู่บนและมีเหล็กเสริมกระจายแรงในอีกทางหนึ่ง โดยมีพื้นที่เหล็ก 0.25 ของพื้นที่หน้าตัดพื้น โดยจัดห่างกันไม่เกินกว่า 3 เท่าความยาวของพื้น หรือไม่มากกว่า 30 ซม. ความหนาของพื้นเพื่อไม่ให้มีการโก่งมาก ไม่ควรหนาน้อยกว่า L/12 โดย L คือช่วงยื่นของพื้น ข้อควรระวังคือเหล็กเสริมหลักควรใช้เหล็ก 9 มม. ขึ้นไป ถ้าหากใช้เหล็กขนาดเล็กกว่านี้ ในขณะผูกเหล็กและเทคอนกรีต เหล็กอาจจะถูกเหยียบแอ่นลงข้างล่างได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.6 แผ่นพื้นตงถี่ (Ribbed Slab)

สำหรับแผ่นพื้นที่มีช่วงกว้างมากขึ้น การที่จะออกแบบเป็นพื้นตันจะหนามาก ทำให้สิ้นเปลือง และจะทำให้โครงสร้างรับน้ำหนักมากด้วย ดังนั้นระบบแผ่นพื้นอีกระบบหนึ่งซึ่งจะประหยัดคือ ระบบแผ่นพื้นตงถี่ โดยที่พื้นตันนั้นคอนกรีตส่วนที่อยู่ใต้แกนกลางของพื้น (neutral axis) ไม่ได้เป็นตัวรับน้ำหนัก ดังนั้นแผ่นพื้นตงถี่จะลดคอนกรีตส่วนนี้ได้ โดยออกแบบเป็นคานซอยธรรมดาหรือเป็นคานรูป T ก็ได้ แต่ต้องคำนึงถึงแรงบิดในคานซอยซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการของคานรับไว้ด้วย การโก่งของพื้นแบบนี้จะน้อยกว่าพื้นตันแบบธรรมดา

4.4.7แผ่นพื้นกระทง (Waffle Slab)

เป็นระบบพื้นซึ่งเหมาะกับพื้นที่มีพื้นกว้างมากเช่นเดียวกับแผ่นพื้นตงถี่ แต่มีด้านกว้างด้านยาวใกล้เคียงกัน การออกแบบอาจออกแบบเป็นคานแบบเป็น grid system หรือพื้นแบบสองทางก็ได้ โดยที่เหล็กเสริมหลักจะเป็นเหล็กล่างของตง แต่ควรคำนึงถึงแรงบิดในดงด้วย ดังนั้นตงต้องมีเหล็กปลอกรัดให้เพียงพอ

4.4.8แผ่นพื้นสอดไส้ (Hollow Slab)

ลักษณะและการออกแบบเหมือนกับแผ่นพื้นตงถี่ แต่มีพื้นข้างล่างอีกชั้นหนึ่ง โดยมากมักใช้กับพื้นที่จะมีท่อที่มีอากาศร้อนอยู่ หรือท่อวัสดุที่มีอุณหภูมิสูง โดยใช้พื้นบนและล่างเป็นฉนวนกันความร้อน นอกจากนั้นการที่เพิ่มพื้นล่างจะช่วยเพิ่มแรงด้านทานในการบิดของตง ทำให้หน่วยแรงบิดของตงลดลงได้มาก

4.4.9แผ่นพื้นไร้คาน (Flat Slab)

พื้นไร้คาน เป็นระบบพื้นที่พบมากพอสมควร โดยปกติมักจะมี drop panel เพื่อที่จะลด shear stress drop panel นี้ อาจเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือวงกลมก็ได้

ความกว้างของแป้นหัวเสาไม่ควรน้อยกว่า 1/3 เท่าของความยาว span แผ่นพื้นไร้คานนี้มีข้อดีหลายข้อ กล่าวคือ

1. สำหรับแผ่นพื้นรับน้ำหนักมาก แผ่นพื้นไร้คานจะประหยัด
2. ความสูงของตัวอาคาร ในกรณีที่กำหนด clearance ของห้อง พื้นไร้คานจะใช้ช่วงความสูงแต่ละชั้นน้อยลง
3. ไม้แบบทำให้ง่ายและประหยัดเวลา
4. ในกรณีไฟไหม้พื้นไร้คานจะทนทานกว่า เพราะไม่มีสัน หรือมุมซึ่งถูกไฟไหม้แล้ว จะกะเทาะง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ตัว sprinkler จะมีประสิทธิภาพในการฉีดน้ำได้รัศมีไกลขึ้นเนื่องจากไม่มีคานกีดขวาง
6. ให้แสงสว่างเข้าในห้องมากขึ้น เนื่องจากไม่มีคานบัง

ในบางครั้งแผ่นพื้นไร้คาน อาจไม่ต้องมีแป้นหัวเสาก็ได้ โดยใช้เหล็กรับ shear stress แทน

4.4.10 แผ่นพื้นกระทงชนิดไร้คาน

ในกรณีที่แผ่นพื้นไร้คานมีช่วง span ยาวมาก การที่จะทำเป็นพื้นตันทั้งหมดจะไม่เป็นการประหยัด ดังนั้นจึงใช้ระบบตงแทนพื้นตันเพื่อลดคอนกรีตบางส่วน ในการออกแบบอาจวิเคราะห์โดยใช้ moment ของแผ่นพื้นไร้คานก็ได้

สำหรับบริเวณหัวเสาของแผ่นพื้นกระทงชนิดไร้คานมักจะมีแป้นหัวเสาเพื่อลด shear stress

4.5 กำแพงกันดิน (Retaining Wall)

กำแพงกันดิน เป็น โครงสร้างที่ออกแบบเพื่อต้านแรงดันด้านข้างของดิน แรงดังกล่าวเกิดจากการเคลื่อนตัวของดินที่มีระดับต่างกัน โดยดินจะเคลื่อนตัวจากส่วนที่มีระดับสูงกว่าไปยังระดับต่ำกว่า ในกรณีที่ความลาดเอียงของดิน ไม่เป็นไปตามความลาดเอียงตามธรรมชาติ (Natural Slope) ซึ่งดินสามารถคงรูปอยู่ได้ด้วยตนเอง โครงสร้างที่เป็นกำแพงกันดินที่พบบ่อยๆ คือ กำแพงห้องใต้ดิน, กำแพงกันดินส่วนที่ถมสูงกว่าบริเวณรอบๆ, กำแพงกันดินที่คอสะพาน กำแพงกันดินที่หัวท่อ (Head Wall หรือ Wing Wall) เป็นต้น

4.5.1 ชนิดของกำแพงกันดิน

กำแพงกันดินมีหลายชนิด ตามลักษณะการใช้งาน เช่น

1) Gravity Wall :

เป็นกำแพงดินแบบที่ง่ายที่สุดประกอบด้วย คอนกรีตล้วน หรือหินใหญ่ก่อ เพื่อให้กำแพงมีน้ำหนักมากพอที่จะต้านแรงดันของดินไว้ กำแพงลักษณะนี้จะถูกออกแบบไม่ให้มีแรงดึงเกิดขึ้นในตัวกำแพง จึงไม่จำเป็นต้องมีการเสริมเหล็กในตัวกำแพง

2) Semi – Gravity Wall :

เป็นชนิดของกำแพงกันดินที่อยู่ระหว่าง Gravity Wall กับ Cantilever กล่าวคือ เป็นชนิด Gravity Wall ที่ลดความหนาของตัวกำแพง และฐานให้บางลงบ้าง การลดขนาดลงบ้างนี้ทำให้เกิดแรงดึงในบางส่วนของกำแพง เช่น ที่ตัวกำแพง หรือที่ฐาน ดังนั้นส่วนที่เกิดแรงดึงจึงต้องเสริมเหล็ก เพื่อทำหน้าที่รับแรงดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Cantilever Wall :

เป็นกำแพงกันดินรูปตัว T หัวกลับ หรือรูปตัว L ในกำแพงกันดินลักษณะนี้ตัวกำแพงและฐานจะบางกว่า Gravity Wall แรงดันของดินจะทำให้เกิดแรงดัดที่ตัวกำแพงและที่ฐาน จึงต้องเสริมเหล็กในตำแหน่งที่เกิดแรงดึงด้วย

เนื่องจากดินด้านที่สูงกว่าจะดันตัวกำแพงให้เคลื่อนตัวไปในแนวราบในทิศทางตรงข้าม แรงที่จะต้านแรงดันของดินในแนวราบ คือ แรงเสียดทานระหว่างฐานกับดิน ในกรณีผู้ออกแบบอาจออกแบบให้กำแพงมีเดือย (Key) ที่ส่วนล่างของฐานด้วย

บางกรณี Cantilever Wall นี้อาจมีโครงสร้างบางส่วนมายันที่ปลายกำแพงในลักษณะดังกล่าวเรียกว่า Propped Cantilever

4) Counterfort Wall หรือกำแพงกันดินชนิดมีแผงค้ำยึดตัวกำแพงไว้

ใน Cantilever Wall ส่วนมากจะใช้กับกำแพงกันดินซึ่งมีระยะสูงประมาณ 1.00-6.00 เมตร หากความสูงของกำแพงมากกว่านี้ จะไม่เป็นการประหยัด ผู้ออกแบบทำแผงค้ำยึด (Counterfort) ไว้เป็นระยะๆ ทำให้พฤติกรรมของโครงสร้างเปลี่ยนจาก Cantilever เป็นลักษณะคล้ายกับพื้นที่มีที่รองรับ 3 ด้าน

5) Buttressed Wall :

เป็นกำแพงลักษณะเดียวกับ Counterfort Wall ผิดกันตรงที่แผงยึดอยู่ด้านหน้าของกำแพง ซึ่งมีที่ใช้น้อยมาก เนื่องจากแผงยึดจะมองเห็นได้เมื่อถมดินแล้ว ทำให้เปลืองเนื้อที่และไม่สวยงาม

4.5.2 การให้รายละเอียด

ใน Cantilever Retaining Wall นั้น เหล็กเสริมหลัก (Main Reinforcement) จะลดลงได้ตาม moment ที่ลดลง อย่างไรก็ดี จะต้องมีเหล็กเสริมในแนวตั้งฉากกับเหล็กเสริมหลักไว้เพื่อยึดเหล็กเสริมหลักให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ และเหล็กเสริมที่จะเพิ่มเข้าไปนี้ จะทำหน้าที่รับแรงเนื่องจากการยืดหดตัวของคอนกรีตด้วย ในกรณีที่ตัวกำแพงหนากว่า 15 ซม. ควรเสริมเหล็กในด้านที่ไม่รับแรงดึงโดยตรงด้วย เพื่อรับแรงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ดังที่กล่าวแล้วว่า ปริมาณของเหล็กเสริมหลักสามารถลดจำนวนลงได้ตาม moment ที่ลดลง การลดปริมาณเหล็กควรจะใช้เหล็กขนาดเดียวกัน แล้วลดจำนวนลงเป็นช่วงๆ ดีกว่าเปลี่ยนขนาดเหล็กเป็นขนาดที่ลดลง ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงขนาดจะต้องเปลืองเหล็กที่ระยะทาบต่อ เนื่องจากการทาบต่อตามมาตรฐาน จะถือระยะทาบโดยใช้เหล็กใหญ่เป็นเกณฑ์ ดังนั้นขนาดเหล็กจึงควรพิจารณาใช้ขนาดเดียวกันตลอด และควรเป็นขนาดเดียวกับที่เสริมในฐานเป็นเหล็ก starter ด้วย นอกจากนี้การหยุดเหล็กเป็นช่วงๆ ควรคำนึงถึงความยาวของเหล็กมาตรฐานด้วย เพื่อให้ประหยัดในการใช้เหล็กไม่ให้มีเศษมากเกินความจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่กำแพงไม่สูงเกินไป อาจใช้เหล็กจากฐานงอขึ้นมาเป็นเหล็กเสริมหลักกำแพงได้หมด โดยส่วนของเหล็กที่อยู่ในกำแพงมีความสูงลดหลั่นกันไปตามที่ผู้ออกแบบคำนวณไว้ ในกรณีที่กำแพงมีความสูงมาก อาจใช้เหล็กที่ฐานพับขึ้นมาเป็น Starter Bar แล้วทาบเหล็กกำแพงตามระยะทาบ

การให้รายละเอียดควรเขียนทั้งรูปตัด และรูปด้านด้วย เพื่อให้ชัดเจน

ข้อควรระวัง

ในการให้รายละเอียดเหล็กเสริมกำแพงกันดินแบบ Cantilever Retaining Wall ถึงแม้ว่าส่วนล่างของฐานของกำแพงด้านที่เป็นดินถมจะเป็นแรงอัด เมื่อกำแพงสร้างเสร็จและถมดินเรียบร้อยแล้วก็ตาม แต่ในขณะสร้าง เมื่อสร้างตัวกำแพงเสร็จแต่ยังไม่มีดินถม ด้านนั้นฐานของกำแพงจะมีลักษณะเหมือนกับฐานแผ่รับกำแพง (Wall Footing) ทั่วๆ ไป ซึ่งจะเกิดแรงดัดส่วนล่างของฐานสองด้านของกำแพง เหล็กเสริมล่างของฐานจึงต้องมีดลอดความกว้างของฐานเพื่อทำหน้าที่รับแรงดังกล่าว

4.5.3 ข้อควรจำในการให้รายละเอียด

1. จัดเหล็กให้อยู่ในตำแหน่งที่ผู้ออกแบบคำนวณไว้ โดยเขียนรูปตัด รูปด้านและรายละเอียดเพื่อแสดงตำแหน่งเหล็กให้ชัดเจน
2. เหล็กเสริมเอกใน Cantilever Retaining Wall ควรเลือกเหล็กขนาดเดียวกันในทิศทางหนึ่งๆ ในกรณีที่มีการลดจำนวนเหล็กลงแล้ว ลดจำนวนเหล็กลงเป็นช่วงๆ ตามที่ผู้ออกแบบกำหนด
3. จัดระยะเหล็กไม่ให้ชิดเกินไป จนทำงานลำบาก
4. จัด covering ให้เป็นไปตามมาตรฐาน เช่น มาตรฐาน ว.ส.ท.
5. ในกรณีที่เป็นกำแพงกันดินที่ต้องใส่ Water Stop ให้แสดงรายละเอียดการใส่ Water Stop ไว้ด้วย และที่ตำแหน่งดังกล่าวจะต้องจัดเหล็กและรอยต่อให้สามารถใส่ Water Stop ได้
6. ในกรณีที่กำแพงกันดินมี Weep Holes ให้น้ำไหลออก ให้แสดงตำแหน่งไว้ด้วย
7. ควรคำนึงถึงความยาวเหล็กมาตรฐาน และจัดเหล็กให้สามารถตัดใช้ได้ลงตัวใกล้เคียงกัน ถ้าเป็นไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 บันได (Stair)

บันได คือองค์ประกอบอย่างหนึ่งของโครงสร้างที่ทำหน้าที่คล้ายๆ กับพื้น ต่างกับพื้นก็คือพื้นบันไดจะเอียงลาด ดังนั้นถ้าจะวิเคราะห์อย่างละเอียดในการออกแบบแล้ว จะต้องคำนึงแรงกดตามแนวลาดเอียงของบันไดอีกด้วย ซึ่งทำให้การออกแบบยุ่งยากเนื่องจากต้องรวมแรงดัดและแรงกดเข้าด้วยกัน บันไดบางประเภทเช่นบันไดโค้งจะวิเคราะห์ยุ่งยากมากขึ้นอีก เนื่องจากมีแรงบิดเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ดังนั้นการวิเคราะห์อย่างง่ายซึ่งจะกล่าวโดยย่อๆ ในบันไดแต่ละรูปแบบ จึงเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน เนื่องจากการให้ค่าโดยประมาณ และอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย

4.6.1 รูปแบบของบันได

ถ้าแบ่งตามลักษณะของแรงที่เกิดขึ้นในโครงสร้างตัวบันไดแล้ว พอจะแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. บันไดที่เกิดเฉพาะโมเมนต์ดัด (Bending Moment) และแรงเฉือน (Sheaf)
2. บันไดที่มีแรงบิด (Torsion) เกิดเพิ่มเติมขึ้นมาอีกอย่างหนึ่ง

สำหรับบันไดลักษณะที่หนึ่ง อาจจะเป็น

ก. บันไดที่มีคานรับที่ปลายช่วงบันไดระดับต่ำและระดับสูง

ข. บันไดที่มีคานรับที่ด้านข้างทั้งสองด้านของขั้นบันได

ค. บันไดที่คานหรือผนังรับอยู่ที่ข้างบันไดข้างใดข้างหนึ่ง หรือที่กลางบันได ซึ่งเป็นลักษณะของคานยื่น ส่วนบันไดลักษณะที่สอง อาจจะเป็น

ง. บันไดแบบชานพักลอย (Jack Knife Stair or Dog-Legged Stairs) บันไดโค้ง

ในที่นี้จะกล่าวถึงบันไดลักษณะที่หนึ่ง ก. ข. ค. และลักษณะที่สอง ง. เท่านั้น

4.6.2 การออกแบบ

โดยทั่วไปการออกแบบบันไดลักษณะที่หนึ่ง จะออกแบบเหมือนกับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ก็ออกแบบเป็นเสมือนพื้นที่มีช่วงเท่ากับระยะในแนวราบระหว่างคานที่รับบันไดที่ปลายบนและปลายล่าง ออกแบบเหมือนพื้นที่มีช่วงเท่ากับระยะห่างระหว่างคาน (Stringer Beams) ที่รองรับสองข้างของบันได ก็ออกแบบเหมือนกับพื้นยื่น (Cantilever Slab) ที่ยื่นออกมาจากคานแม่บันได

4.6.3 การเสริมเหล็ก

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าหลักการออกแบบบันไดก็เหมือนกับการออกแบบพื้น ดังนั้นวิธีการเสริมเหล็กที่เป็นเหล็กเสริมหลักก็คงอาศัยแนวทางการเสริมเหล็กพื้นเป็นเกณฑ์ และประกอบกับความสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการก่อสร้าง จึงจำเป็นต้องพิจารณาจุดที่จะต่อเหล็ก รวมทั้งการดัดงอเหล็ก ณ ตำแหน่งที่สำคัญๆ ดังจะยกตัวอย่างทีละแบบ

แบบ ก. ระยะทาบเหล็ก (Tension Lap) ระหว่างเหล็กพื้นกับเหล็กบันไดต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ และตำแหน่งการจัดวางเหล็กจะต้องพิจารณาโดยรอบคอบเปรียบเทียบกับบริเวณเหนือจุดรองรับ (Support) ระหว่างบันไดและพื้น จะเห็นว่าบริเวณเป็นจุดที่เกิดโมเมนต์ลบซึ่งจะเกิดแรงดึงที่ผิวบน ในพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กจะใส่เหล็กเส้นพิเศษหรือใช้เหล็กคอม้าเป็นตัวรับแรงที่เกิดขึ้น แต่ในบันไดเหล็กเสริมเพื่อรับโมเมนต์จะต้องฝังอยู่ในคานหรือยื่นลงไปที่ผิวล่างของพื้น เพื่อให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวที่พอเพียง ไม่สมควรที่จะวางเหล็กแบบ เนื่องจากแรงดึงในเหล็กเสริมนี้ทำให้เกิดแรงลัพธ์ในแนวด้านทแยงมุมซึ่งจะดึงคอนกรีตบริเวณนั้นแตกร้าวได้ ปัญหาเช่นเดียวกันนี้จะพบได้บ่อยๆ ในบริเวณที่มีรอยหักระหว่างบันไดหรือรอยหักตรงบันไดกับชานบันได ซึ่งจะต้องเสริมเหล็กอย่างระมัดระวัง

แบบ ข. การเสริมเหล็กบันไดแบบนี้ เสริมแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหลักทางเดียว (One Way Slab) เหล็กเสริมหลักจะพาดอยู่บนคาน Stringer Beam ที่ประกอบอยู่สองข้างของบันได และจะอยู่ชิดทางท้องบันได ส่วนเหล็กเสริมรองที่ทำหน้าที่เป็นเหล็กเสริมกันร้าว (Temperature Steel) จะวางอยู่บนเหล็กหลักและตั้งฉากกับเหล็กเสริมหลักเป็นตาตาราง ถ้าเอนให้บันไดล้มลงมาอยู่ในระนาบก็จะเห็นได้ว่าบันไดชนิดนี้เป็นพื้น One Way Slab โดยมีความหนาของพื้นเท่ากับความหนาระยะจากท้องบันไดถึงมุมตัดมุมในลูกตั้ง และลูกนอน ส่วนความหนาของบันไดจะเป็นน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load) เพิ่มเติม ซึ่งมิได้ทำให้ความแข็งแรงของบันไดเพิ่มขึ้น เนื่องจากมิได้นำมาคำนวณเป็นความหนาของพื้นบันได

แบบ ค. เนื่องจากบันไดแบบนี้สามารถออกแบบเป็นคานยื่นได้ ดังนั้นบันไดแต่ละขั้นจึงคิดเป็นเสมือนคานยื่นรูปตัด หรือรูปตัด หนึ่งตัวได้ และการเสริมเหล็กก็ต้องเสริมเหมือนคานยื่น คือเหล็กเสริมที่รับแรงดึงจะต้องมีแรงยึดเหนี่ยวกับคานแม่บันไดได้พอเพียง ระยะล้วงเหล็ก (Anchorage Length) จะต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ นอกจากเหล็กเสริมหลักรับแรงดึงนี้แล้ว ยังมีเหล็กเสริมกันร้าว ซึ่งจะต้องใส่ในทิศทางตั้งฉากกับเหล็กเสริมหลักเป็นตารางอีกด้วย

4.6.4 บันไดแบบชานพักลอย (Jack Knife Stairs)

บันไดแบบนี้ไม่ค่อยพบมากนัก เพราะมีราคาแพงมากเมื่อเทียบกับบันไดชนิดอื่นๆ ที่กล่าวมาแล้ว เนื่องจากจะต้องเสริมเหล็กมากกว่าบันไดปกติ เพื่อรับแรงต่างๆ ที่เกิดขึ้น ตัวชานพักจะเป็นเสมือนพื้นยื่นซึ่งทำหน้าที่คล้านกระดานสปริง ดังนั้นเมื่อมีน้ำหนักกดบนบันไดช่วงบน และบนครึ่งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของชานพัก จะทำให้เกิดโมเมนต์ดัดในบันไดช่วงบน เกิดโมเมนบิดระหว่างบันไดช่วงบนและบันได ช่วงล่าง และเกิดการบิด (Buckling) ในบันไดช่วงล่าง และเมื่อมีน้ำหนักกดบนบันไดช่วงล่างและบน ครั้งหนึ่งของชานพักจะทำให้เกิดแรงดังในบันไดช่วงบน เกิดโมเมนต์บิดระหว่างบันไดช่วงบนและ บันไดช่วงล่างและเกิดโมเมนต์ดัดในบันไดช่วงล่าง

จะเห็นได้ว่าบันไดประเภทนี้จะต้องต้านทานโมเมนต์ดัด โมเมนต์บิด แรงดึงและแรงกด ดังนั้น จะต้องเสริมเหล็กถึงสองชั้นที่ท้องบันไดและที่ชานพัก ซึ่งเมื่อรวมกับเหล็กเสริมกันร้าวในทิศทางที่ตั้ง ฉากกันก็จะมีเหล็กเสริมถึงสี่ชั้น ซึ่งจะทำให้เกิดการแออัดของเหล็กเป็นอย่างมาก และไม่สะดวกในการ เทคอนกรีตด้วย บันไดชนิดนี้จึงมีความหนามากกว่าบันไดประเภทอื่นเมื่อมีช่วงบันไดเท่าๆ กัน และคาน ที่รับปลายบันไดบนและล่างจะต้องออกแบบให้รับโมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นอย่างมากด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม

5.1 กล่าวนำ

ก่อนที่จะเขียนโปรแกรมขึ้นมาทำการประมาณราคาบ้านตัวอย่างก่อน ทั้งงานถอดแบบโครงสร้าง ซึ่งประกอบด้วย ปริมาตรคอนกรีต ทราย คอนกรีตหยาบ ดินขุดดินถมและไม้แบบ งานเหล็กแบบ Bar cutting

ทำการประมาณราคางานด้านสถาปัตยกรรมทั้งหมด รวมไว้ใน Summary sheet แล้วจึงนำผลการคำนวณที่ได้มาสร้าง Spread sheet ขึ้นจากโปรแกรม Microsoft Excel

การออกแบบโปรแกรม

ขั้นตอนที่1 วางโครงสร้างของงาน แยกหมวดหมู่ประเภทของงาน

ขั้นตอนที่2 กำหนดตัวแปร และใช้ Program Microsoft Excel สร้าง Format ของงานขึ้น

ขั้นตอนที่3 แยกประเภทของงานให้ครบถ้วน ป้อนคำสั่งและสูตร

ขั้นตอนที่4 วาดภาพประกอบการพิจารณา

ขั้นตอนที่5 เขียนคำสั่งอธิบาย

ขั้นตอนที่6 Protect cell ที่เป็นคำตอบ

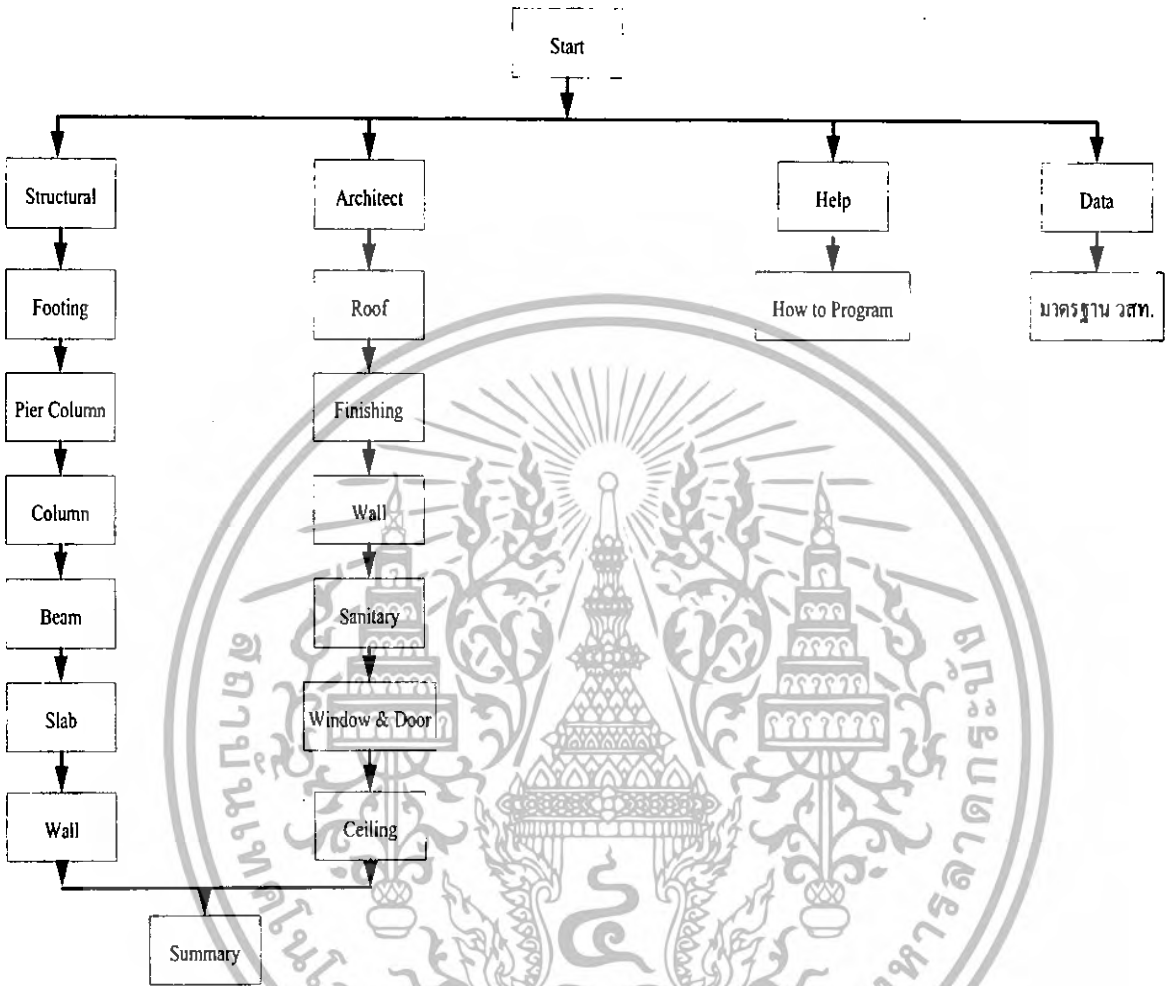
ขั้นตอนที่7 Link คำตอบที่ได้เก็บใน BOQ

ขั้นตอนที่8 ทดลองป้อนค่า

ขั้นตอนที่9. ปรับแก้ค่าให้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

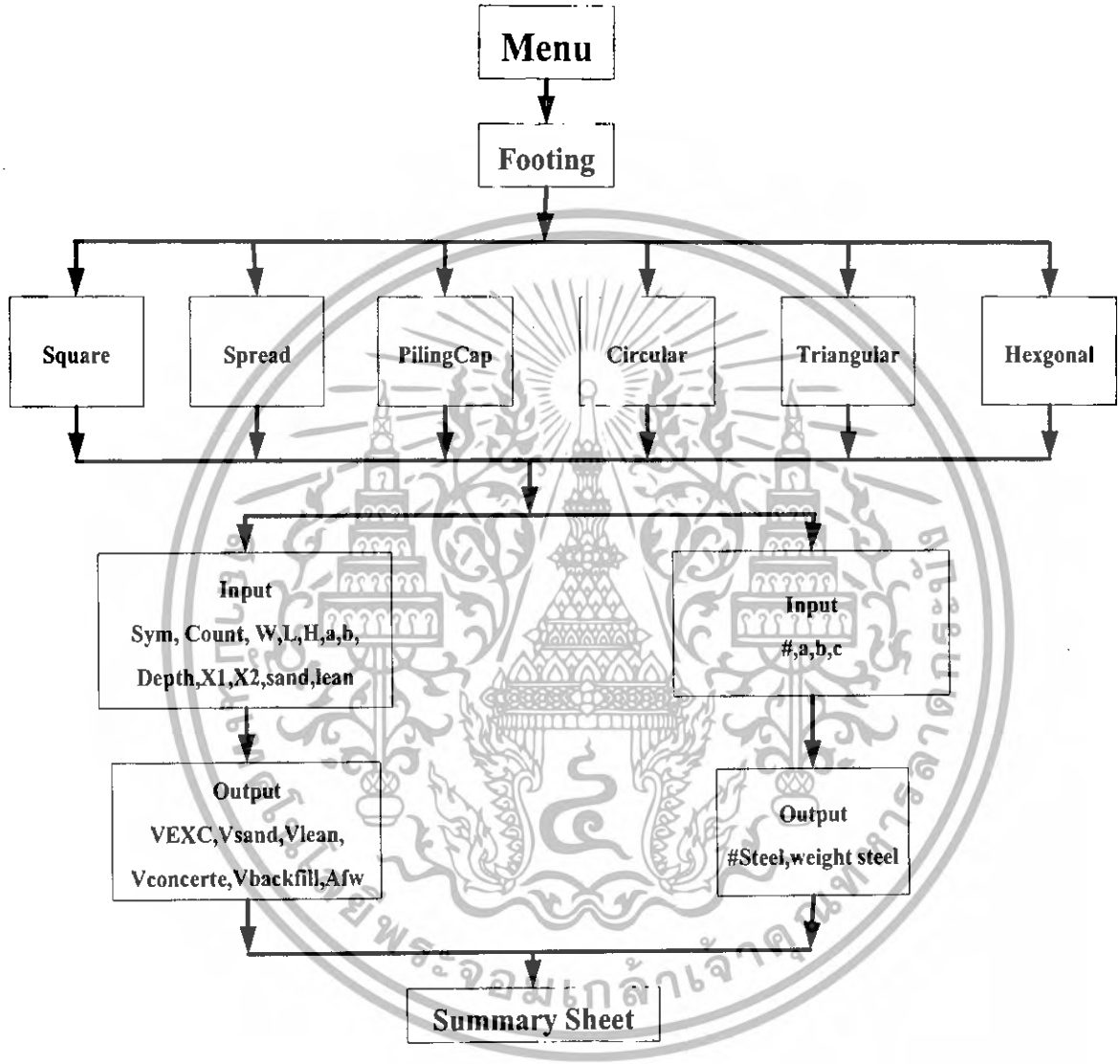
Flow Chart แสดงภาพรวมของโปรแกรม



รูปที่ 5.1 Flow Chart ภาพรวมของโปรแกรม

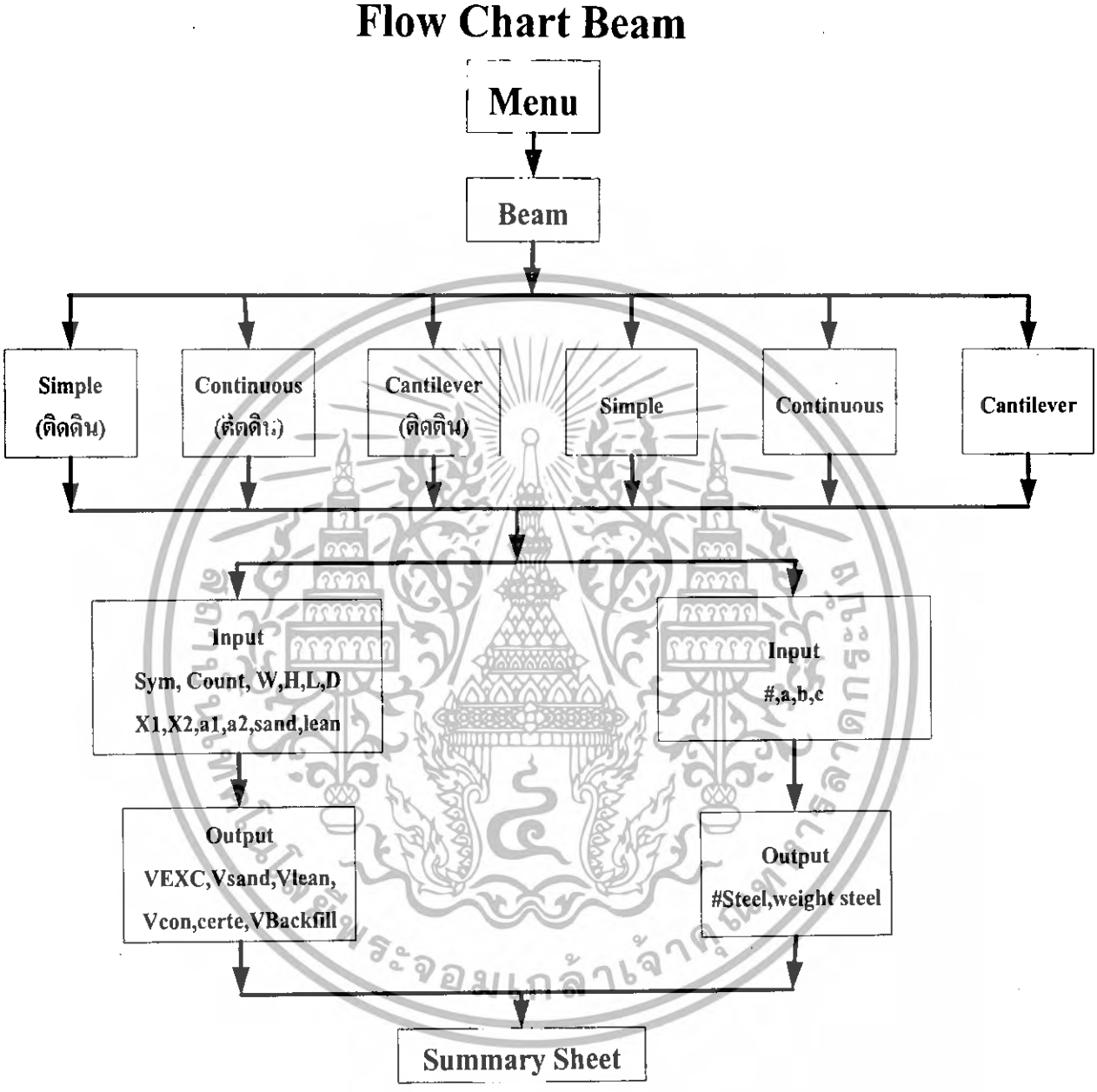
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flow Chart Footing



รูปที่ 5.2 Flow Chart Footing

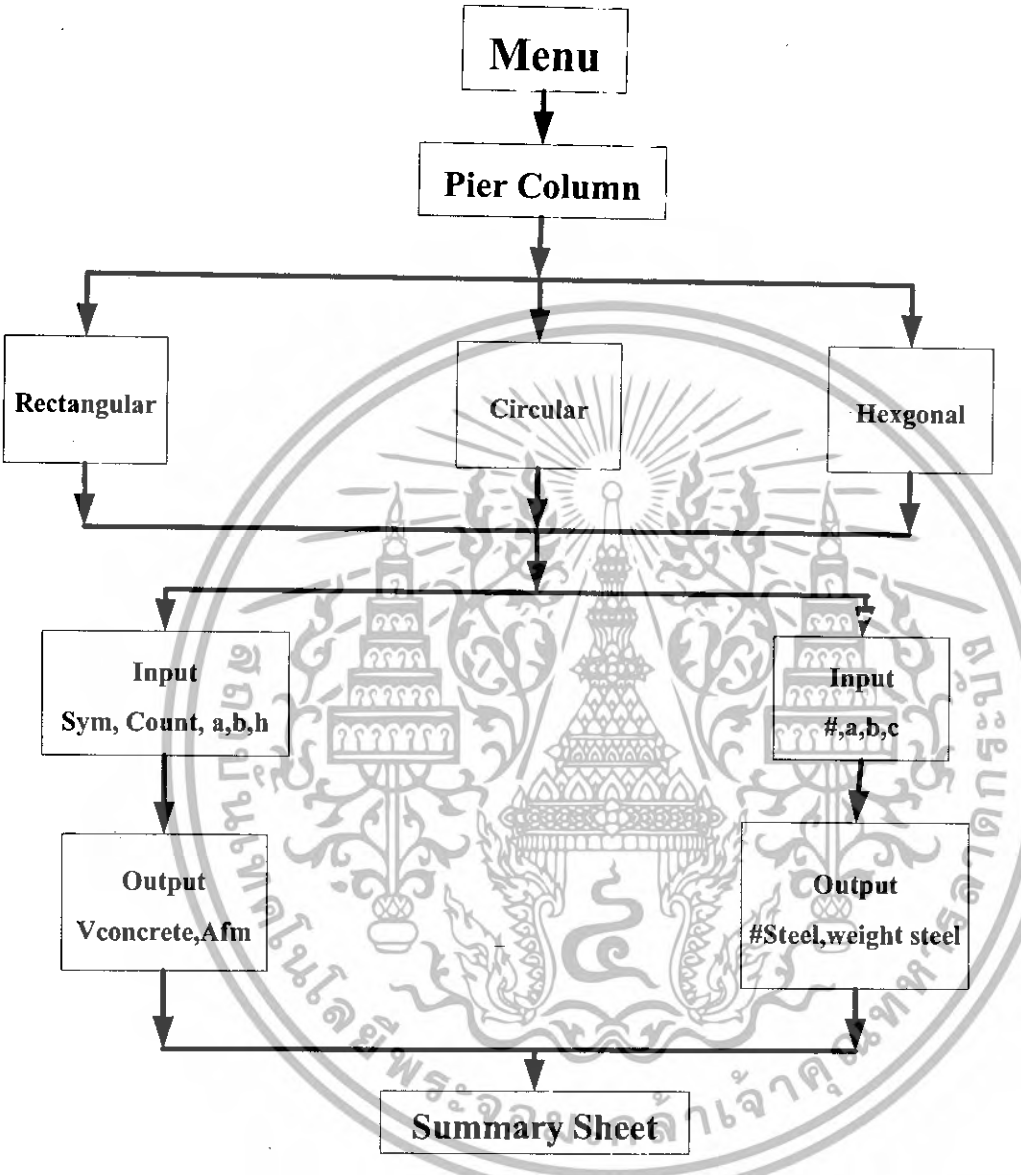
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 Flow Chart Beam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

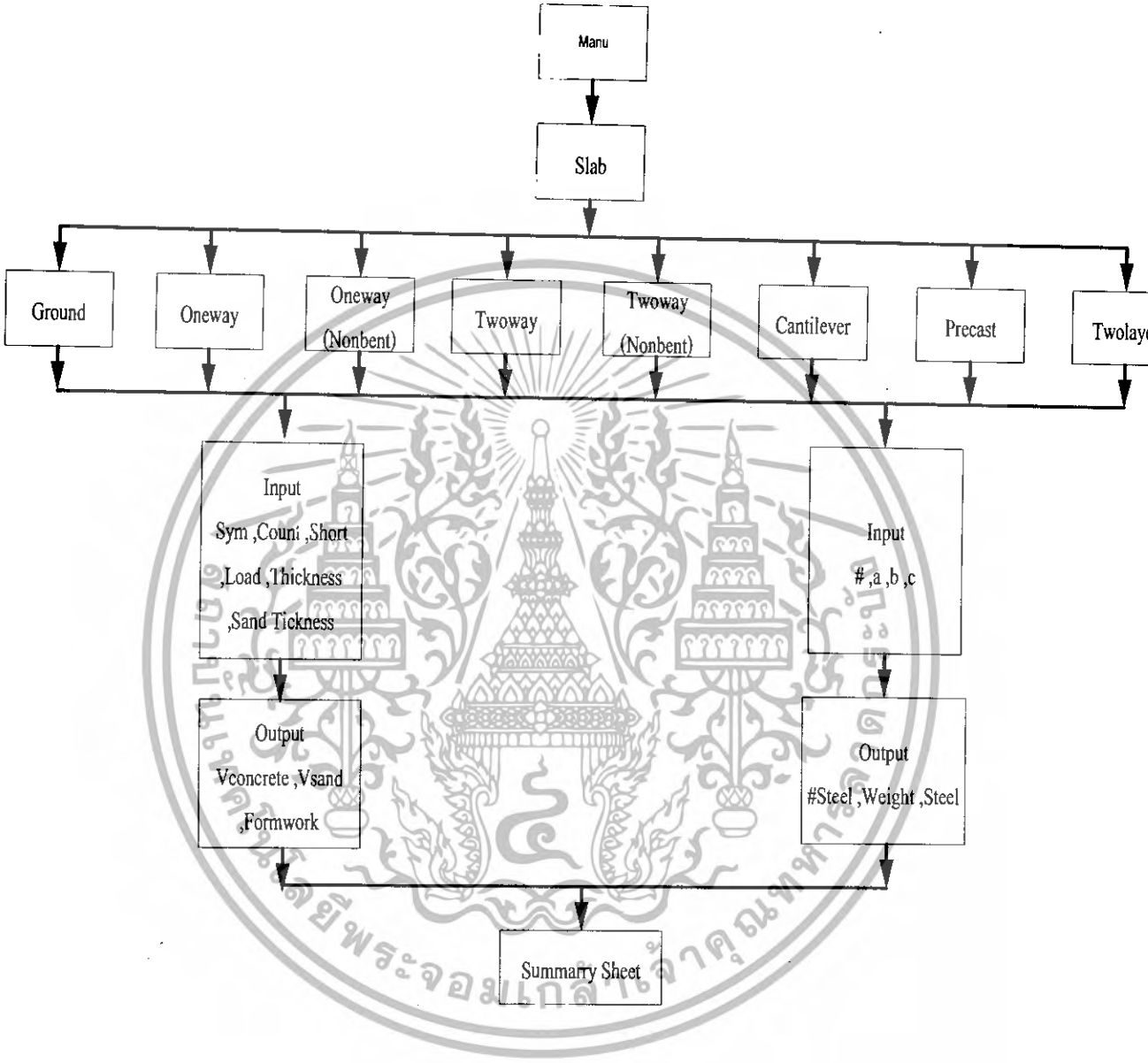
Flow Chart Pier Column



รูปที่ 5.4 Flow Chart Pier Column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

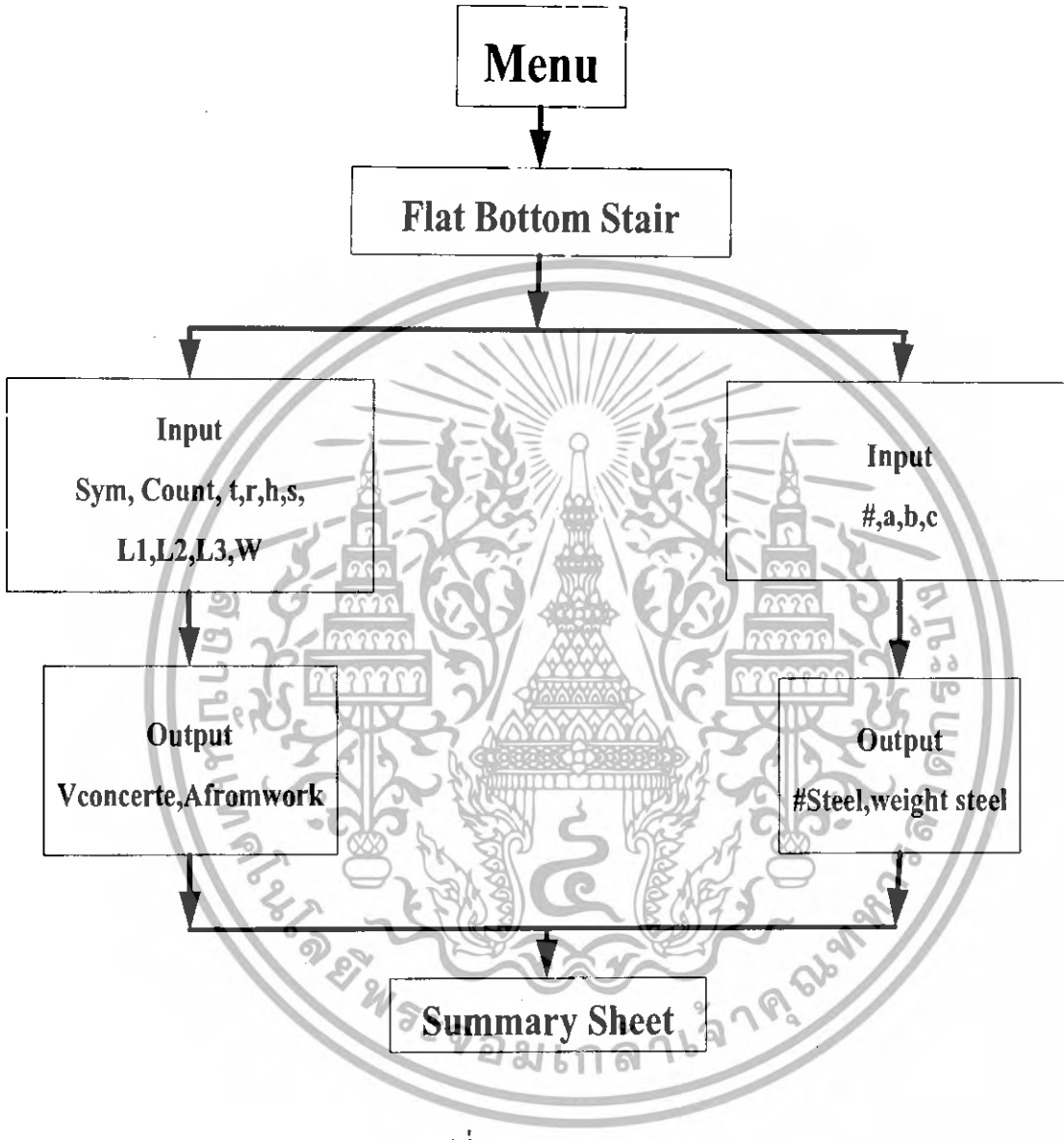
Flow Chart Slab



รูปที่ 5.5 Flow Chart Slab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

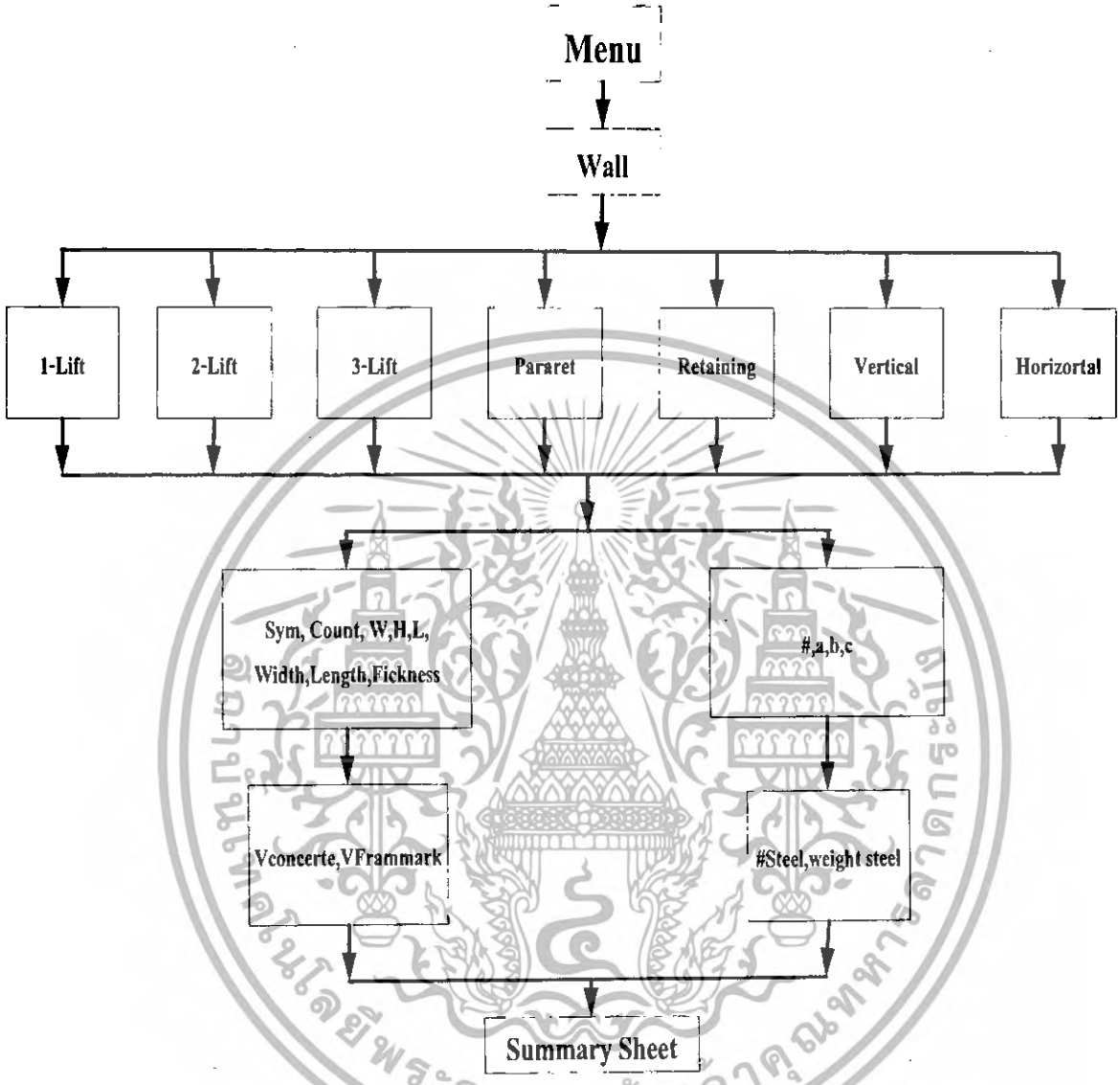
Flow Chart Stair



รูปที่ 5.6 Flow Chart Stair

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

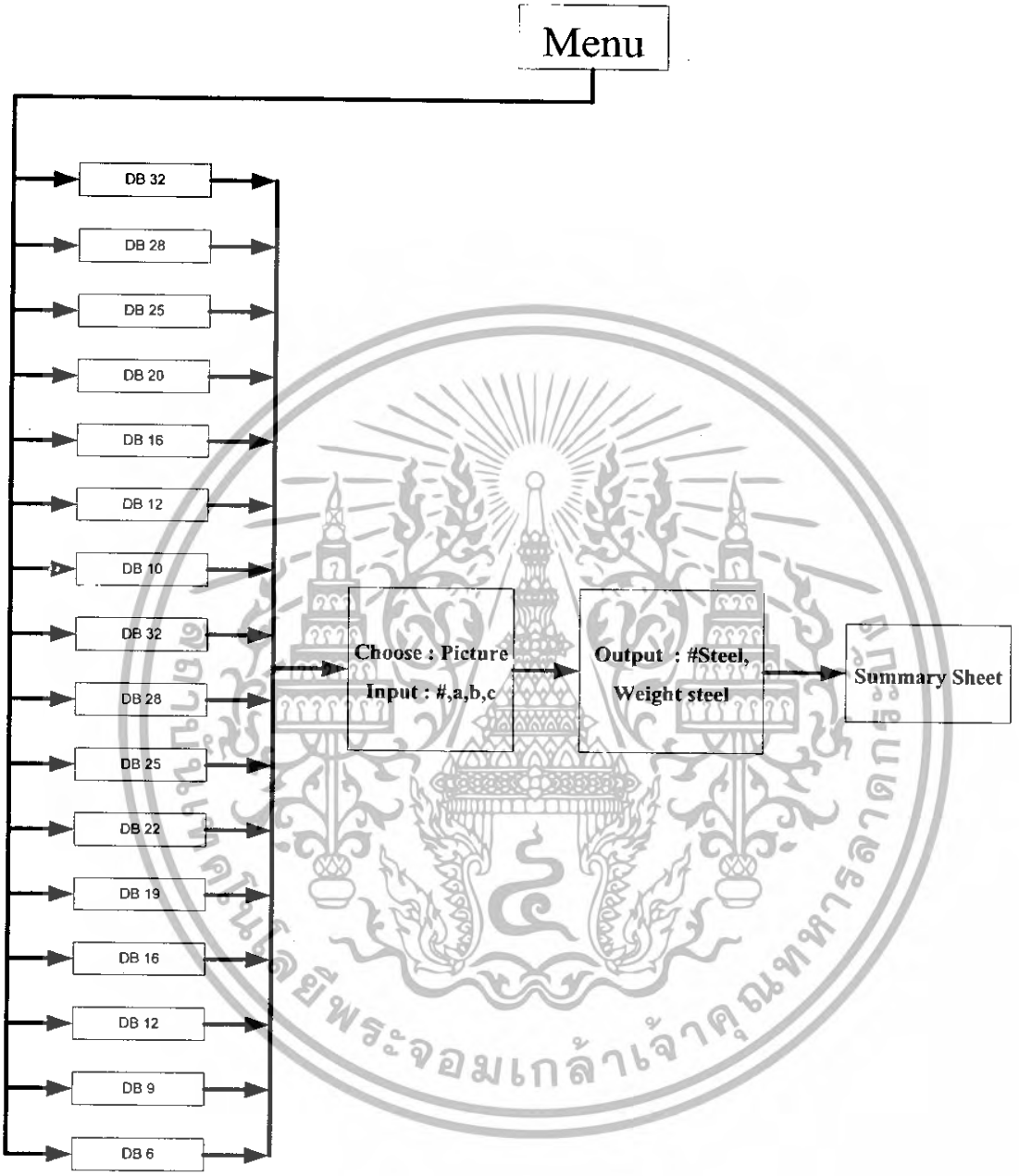
Flow Chart Wall



รูปที่ 5.7 Flow Chart Wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

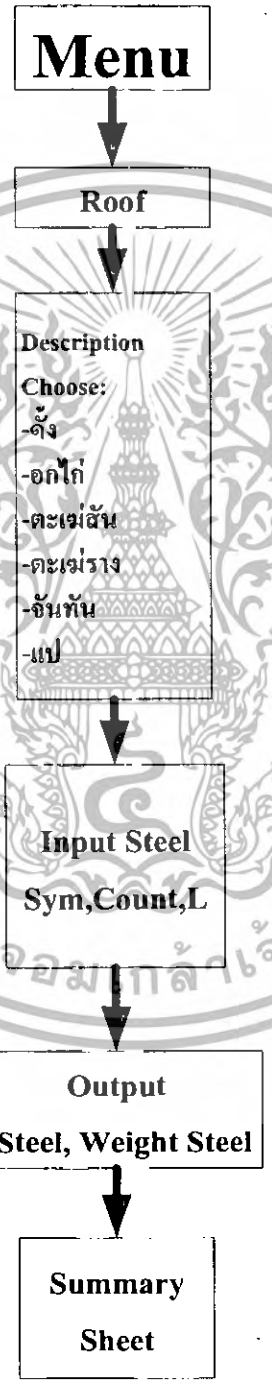
Flow chart Bar-Cotting list



รูปที่ 5.8 Flow Chart Bar-Cutting List

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

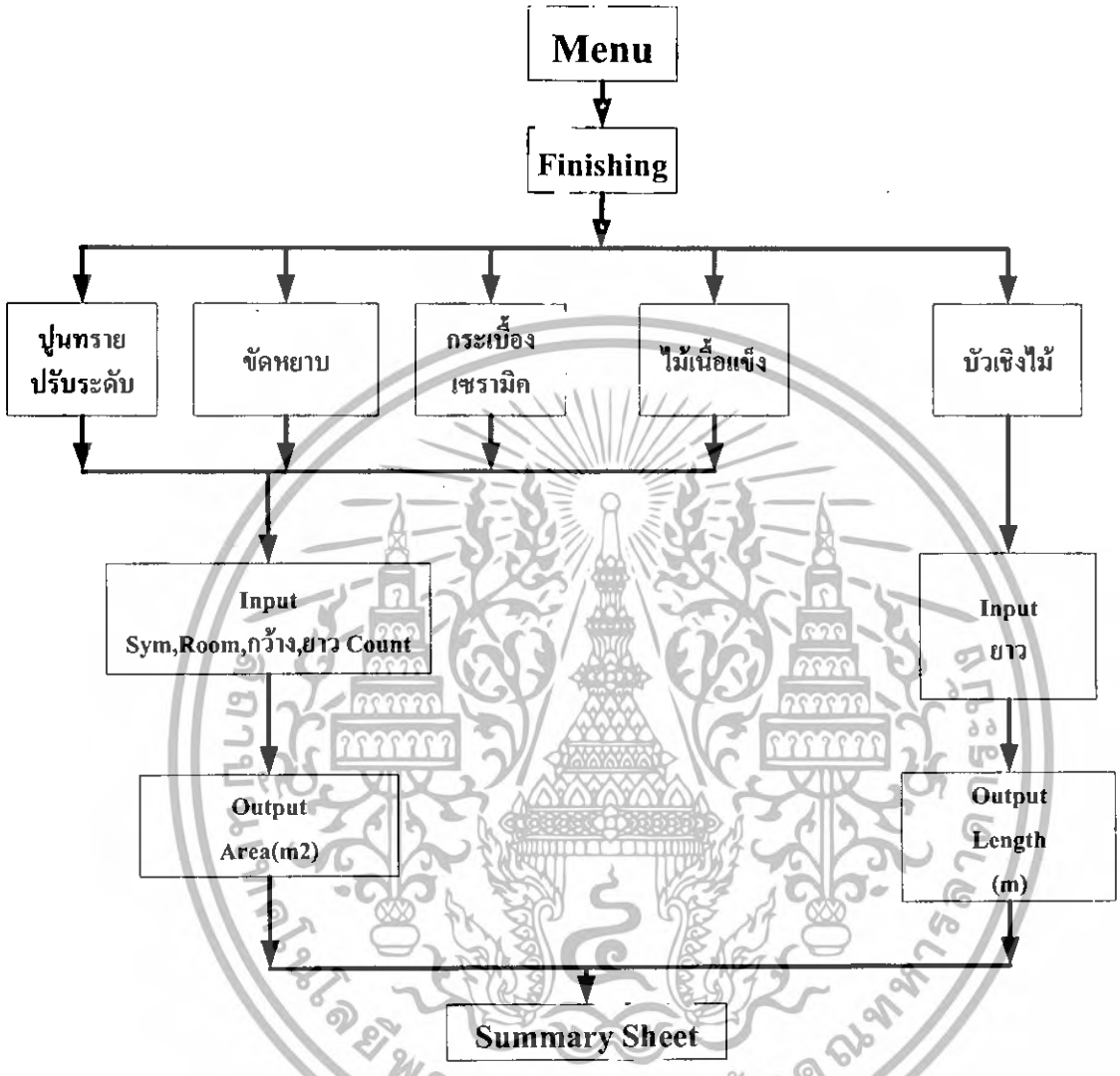
Flow Chart
โครงสร้างหลังคา



รูปที่ 5.9 Flow Chart โครงหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

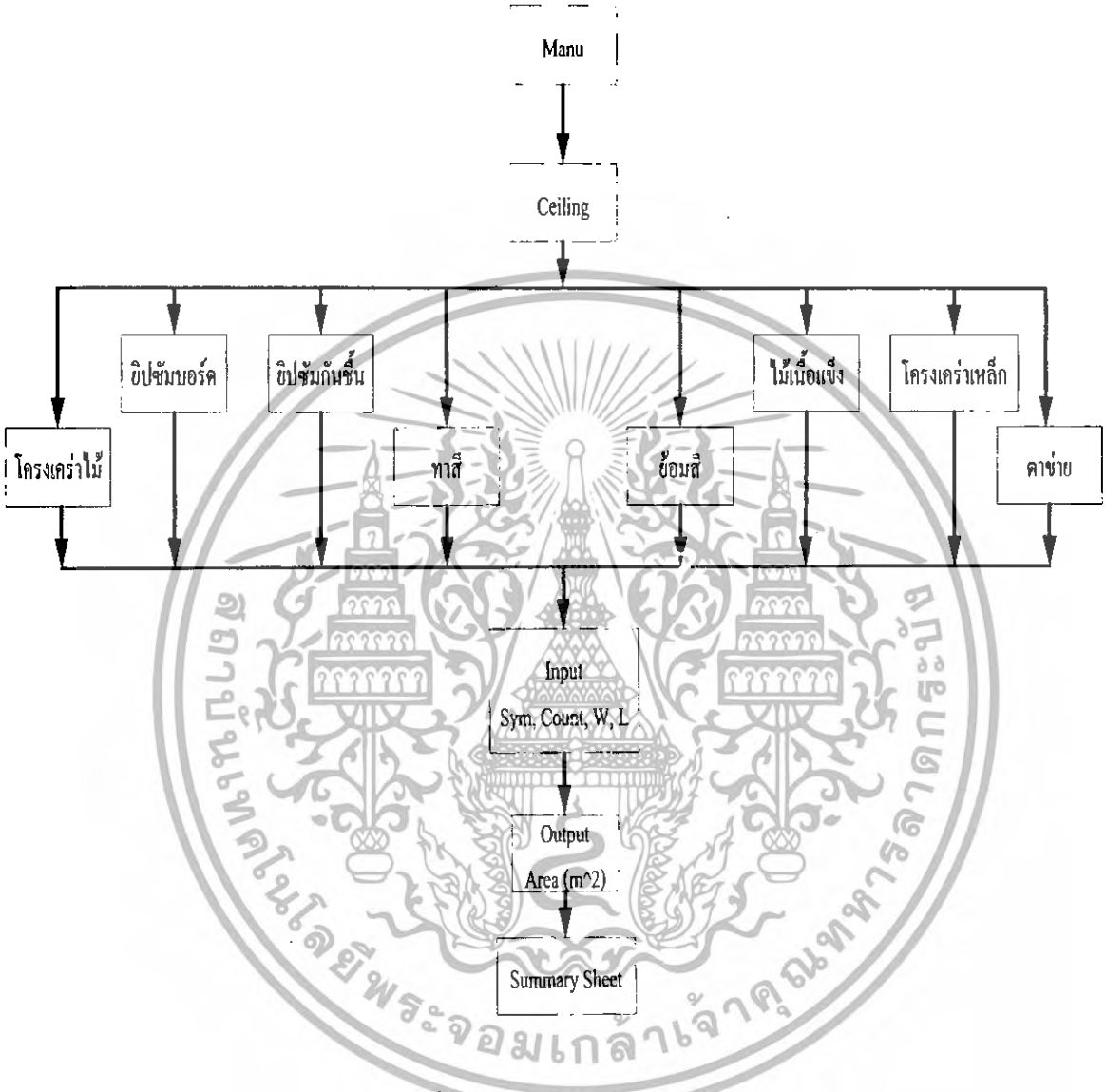
Flow Chart finishing



รูปที่ 5.10 Flow Chart Finishing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

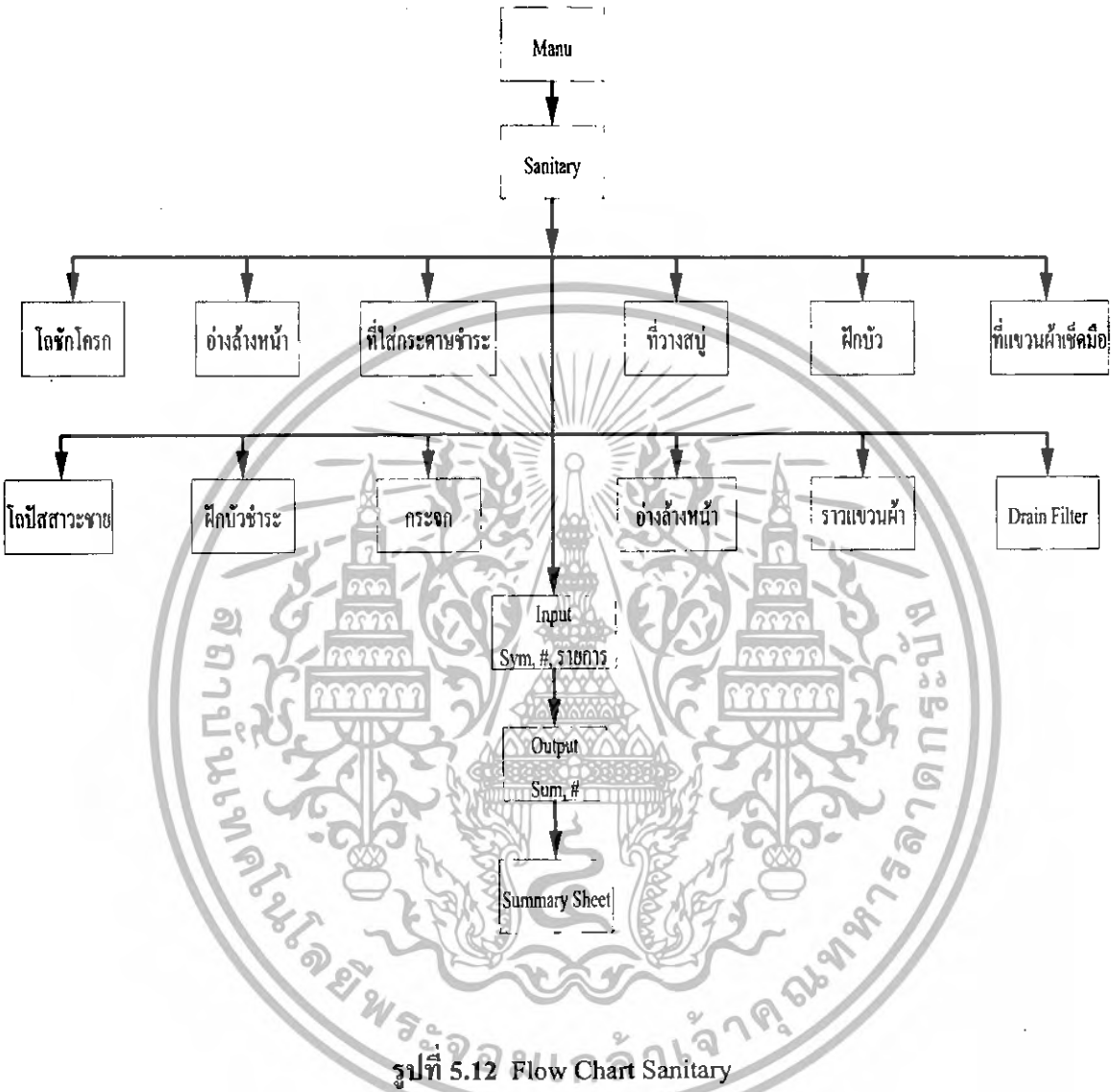
Flow Chart Ceiling



รูปที่ 5.11 Flow Chart Ceiling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

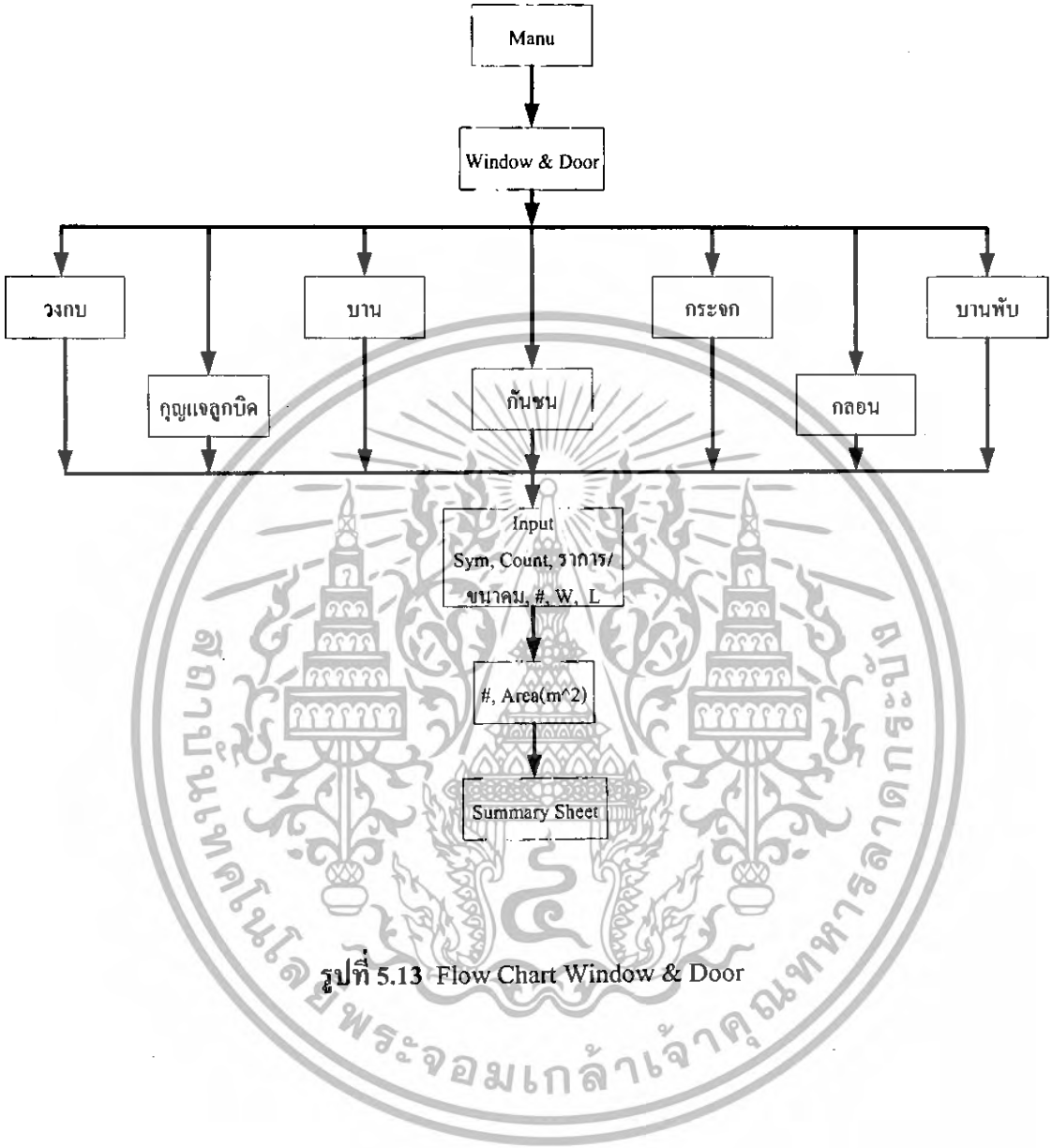
Flow Chart Sanitary



รูปที่ 5.12 Flow Chart Sanitary

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

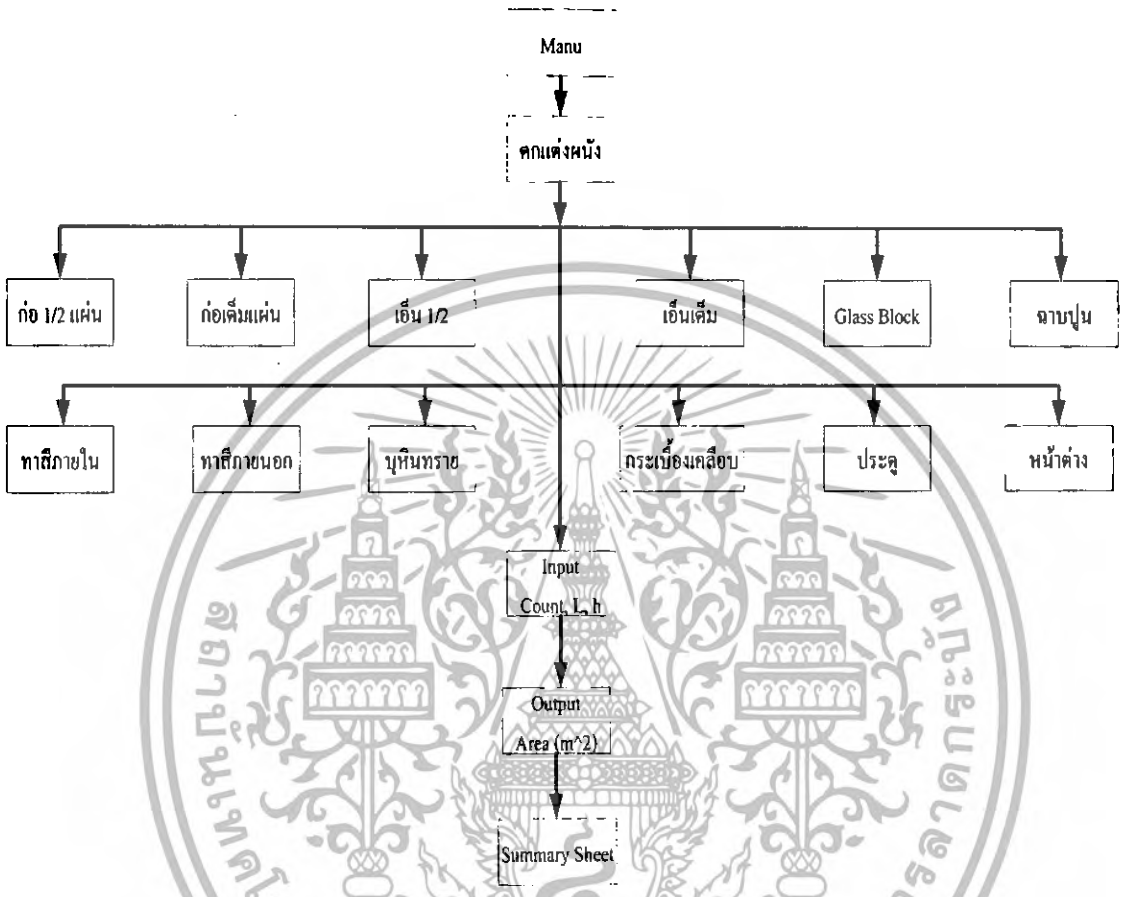
Flow Chart Window & Door



รูปที่ 5.13 Flow Chart Window & Door

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

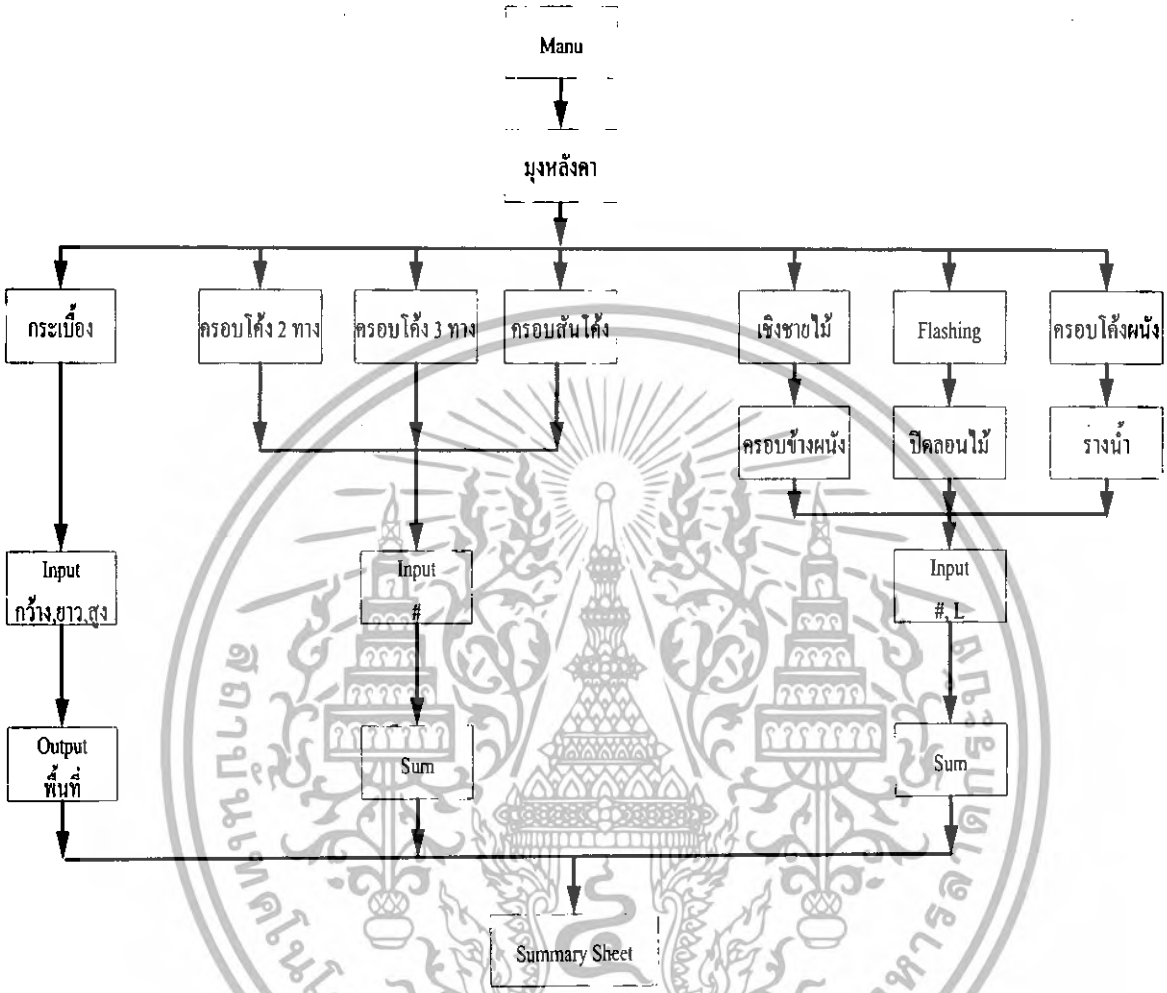
Flow Chart ตกแต่งผนัง



รูปที่ 5.14 Flow Chart ตกแต่งผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flow Chart มุงหลังคา



รูปที่ 5.15 Flow Chart มุงหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
โปรแกรมและวิธีการใช้งาน

6.1 ข้อมูลเบื้องต้น

Spread Sheet Program ประกอบด้วยเมนูหลัก 13 เมนู ประกอบด้วยงานส่วนโครงสร้าง 9 เมนู งานสถาปัตย์ รวมทั้งงานอื่นๆอีก 4เมนู โดยแยกออกมาเป็น 3 หมวดใหญ่ ได้ดังนี้

หมวดงานที่1 หมวดงานโครงสร้าง ซึ่งเป็นการออกแบบโปรแกรมหาปริมาณ ปริมาตร พื้นที่ ความยาว ของงานทั้งหมดในหมวดนี้ คือ คำนวณหาปริมาตรดินขุด ปริมาตรดินถม ทราย คอนกรีต คอนกรีตหยาบ ไม้แบบ ปริมาณเหล็กเสริม เป็นต้น

Manu ในหมวดงานนี้ประกอบด้วย

1.Footing Manu ประกอบด้วย 5 รายการ

- 1.1 Square Footing
- 1.2 Spread Footing
- 1.3 PilingCap Footing
- 1.4 Circular Footing
- 1.5 Traingular Footing
- 1.6 Hexgonal Footing

2.Pier Column Manu ประกอบด้วย 3 รายการ

- 2.1 Rectangular Pier Column
- 2.2 Circular Pier Column
- 2.3 Hexgonal Pier Column

3. Beam Manu ประกอบด้วย 7 รายการ

- 3.1 Simple Beam (Sup-Soil)
- 3.2 Simple Beam
- 3.3 Continuous Beam (Sup-Soil)
- 3.4 Contimuous Beam
- 3.5 Cantilever Beam (Sup-Soil)
- 3.5 Cantilever Beam
- 3.6 All type

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.Column Manu ประกอบด้วย 3 รายการ

4.1 Rectangular Column

4.2 Circular Column

4.3 Hexgonal Column

5.Slab Manu ประกอบด้วย 8 รายการ

5.1Ground Slab

5.2 OneWay Slab

5.3 OneWay Slab (NonBent)

5.4 TwoWay Slab

5.5 Two Way Slab (NonBent)

5.6 Cantilever Slab

5.7 PreCast Slab

5.8 Twolayer Slab

6. Flat Bottom Stair Manu

7. Wall Manu ประกอบด้วย 7 รายการ

7.1 1 – Lift Wall

7.2 2 – Lift Wall

7.3 3 – Lift Wall

7.4 Parapet Wall

7.5 Retaining Wall

7.6 Vertical Wall

7.7 Horizontal Wall

8. Steel (DB)

9. Steel (RB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

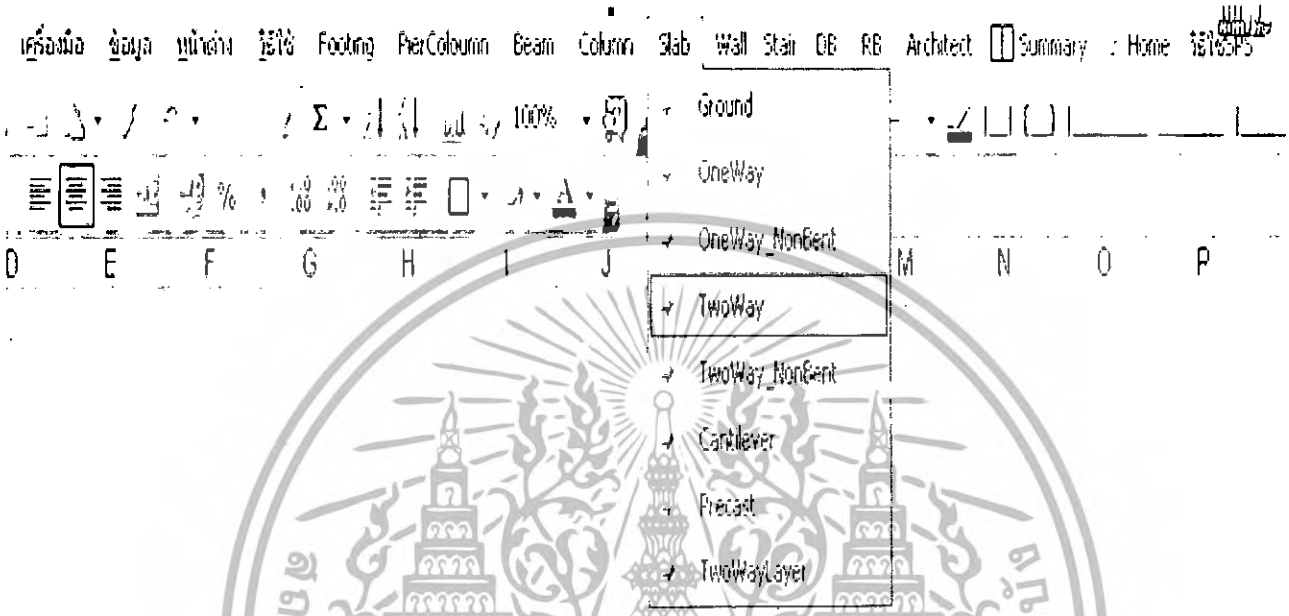
หมวดงานที่ 2 หมวดงานสถาปัตย์

Manu ในหมวดงานนี้ประกอบด้วย

1. โครงหลังคา
2. มุงหลังคา
3. Finishing
4. ตกแต่งผนัง
5. Ceiling
6. Window & Door
7. Sanitary

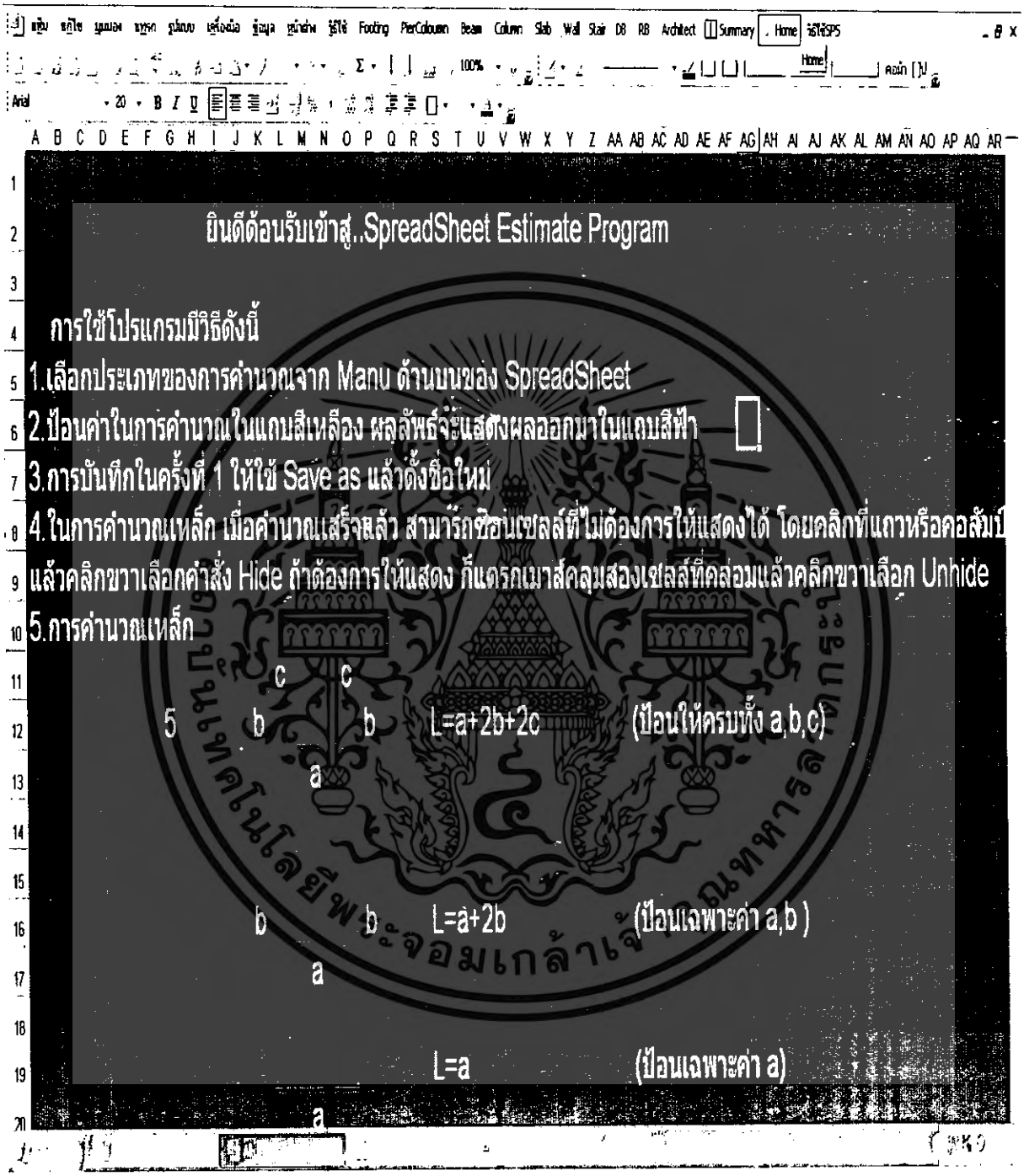
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 โปรแกรม



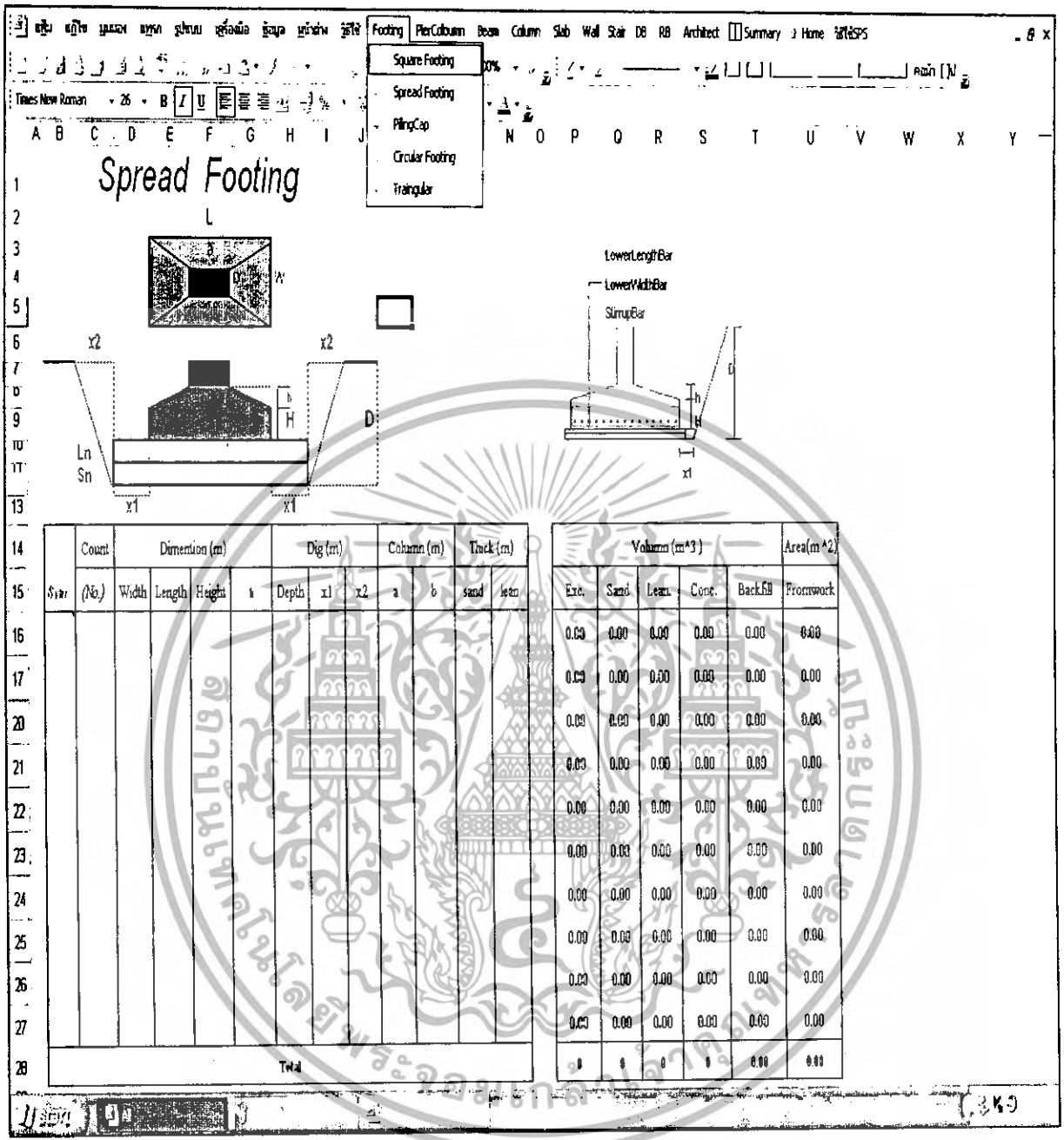
รูปที่ 6.1 เมนูหลักที่ใช้ในโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



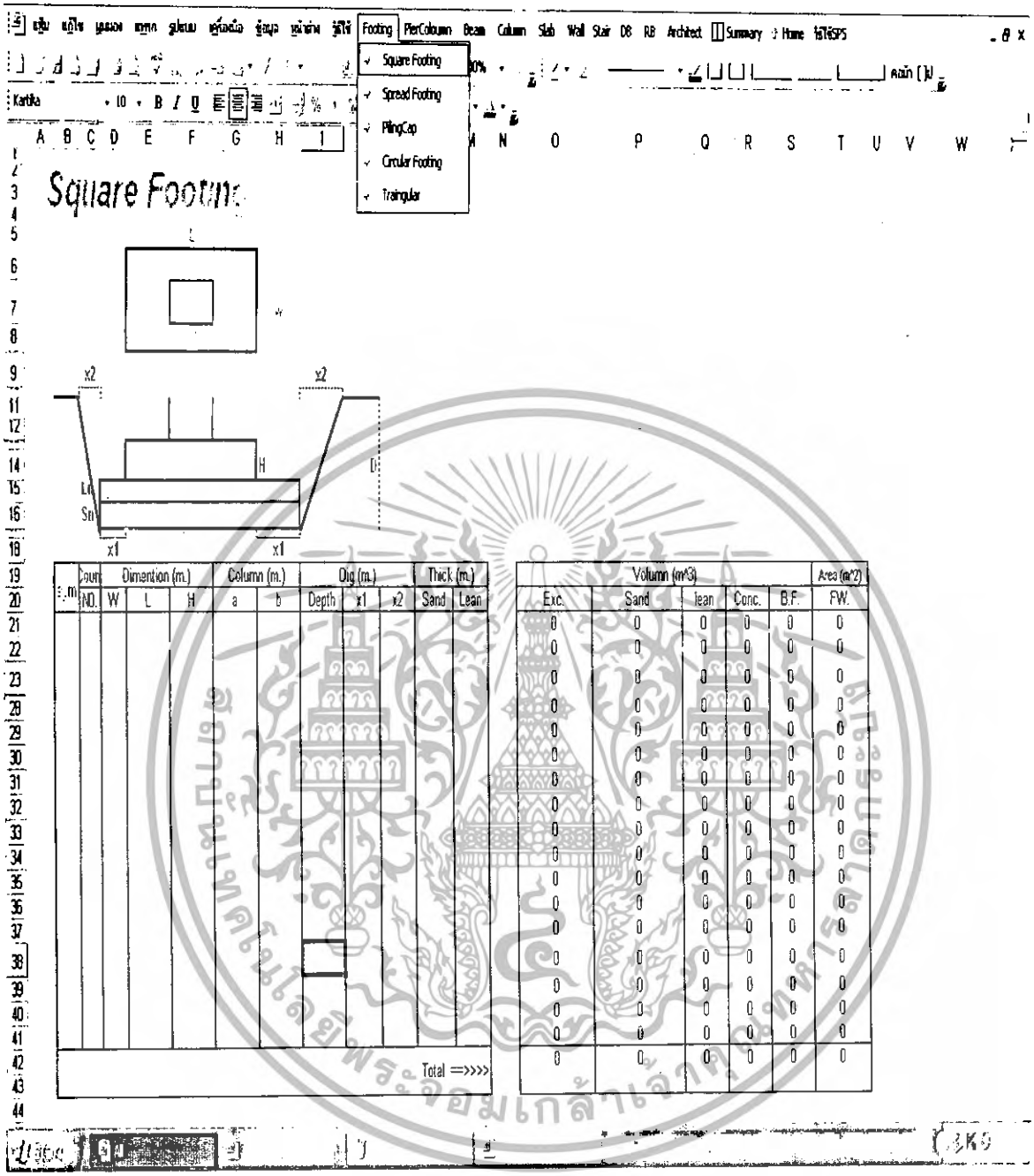
รูปที่ 6.2 การใช้โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



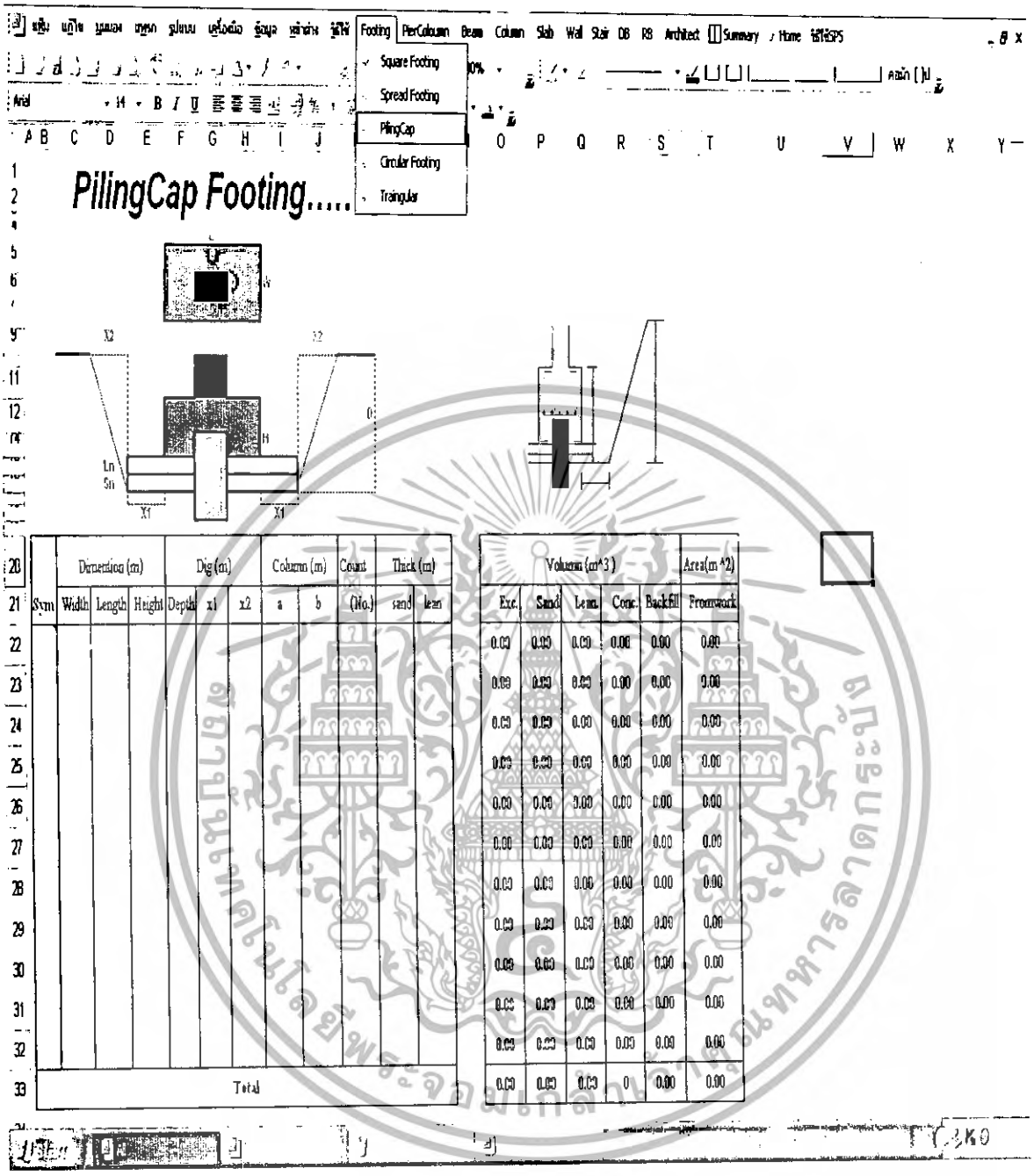
รูปที่ 6.3 Spread Footing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



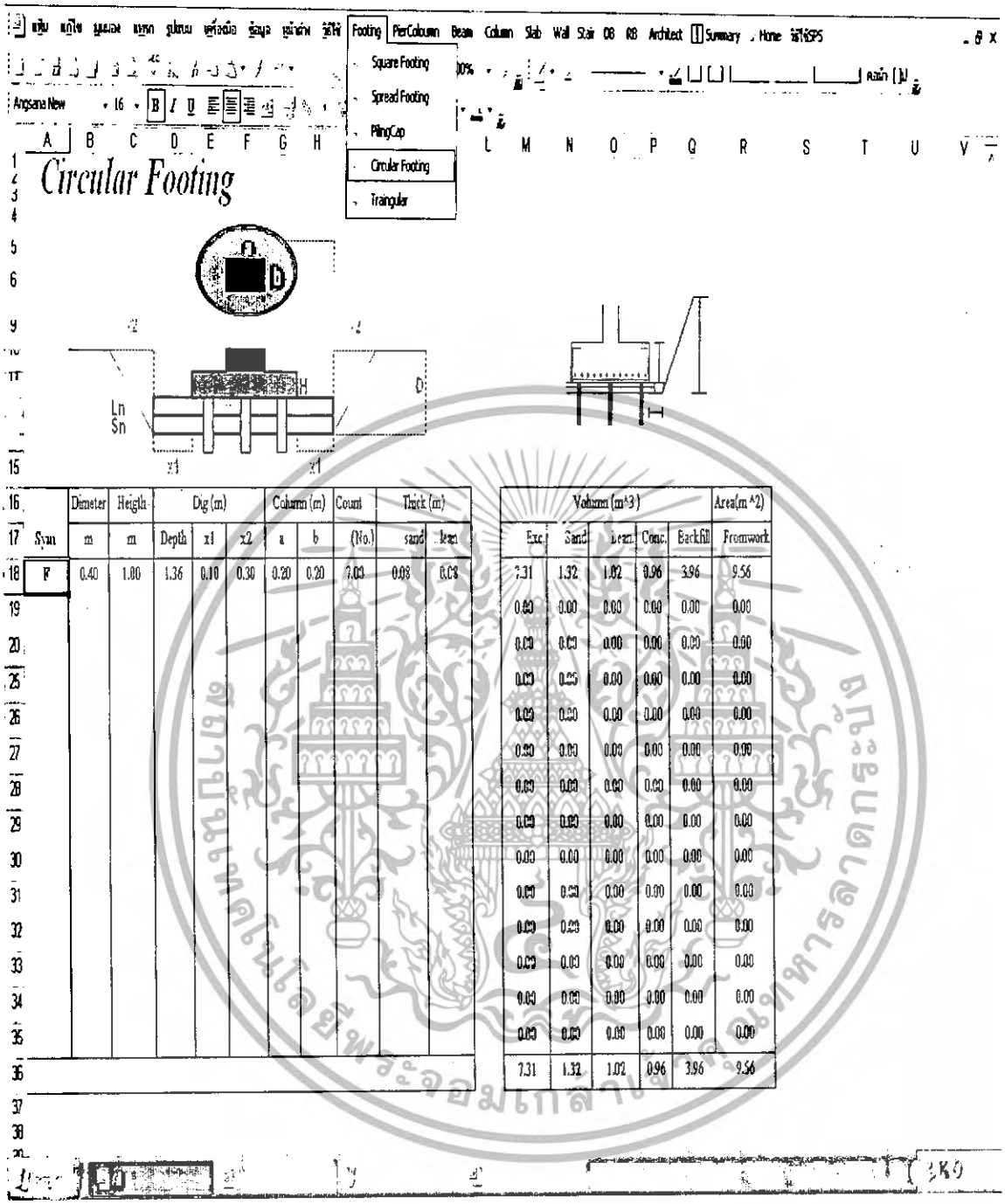
รูปที่ 6.4 Square Footing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



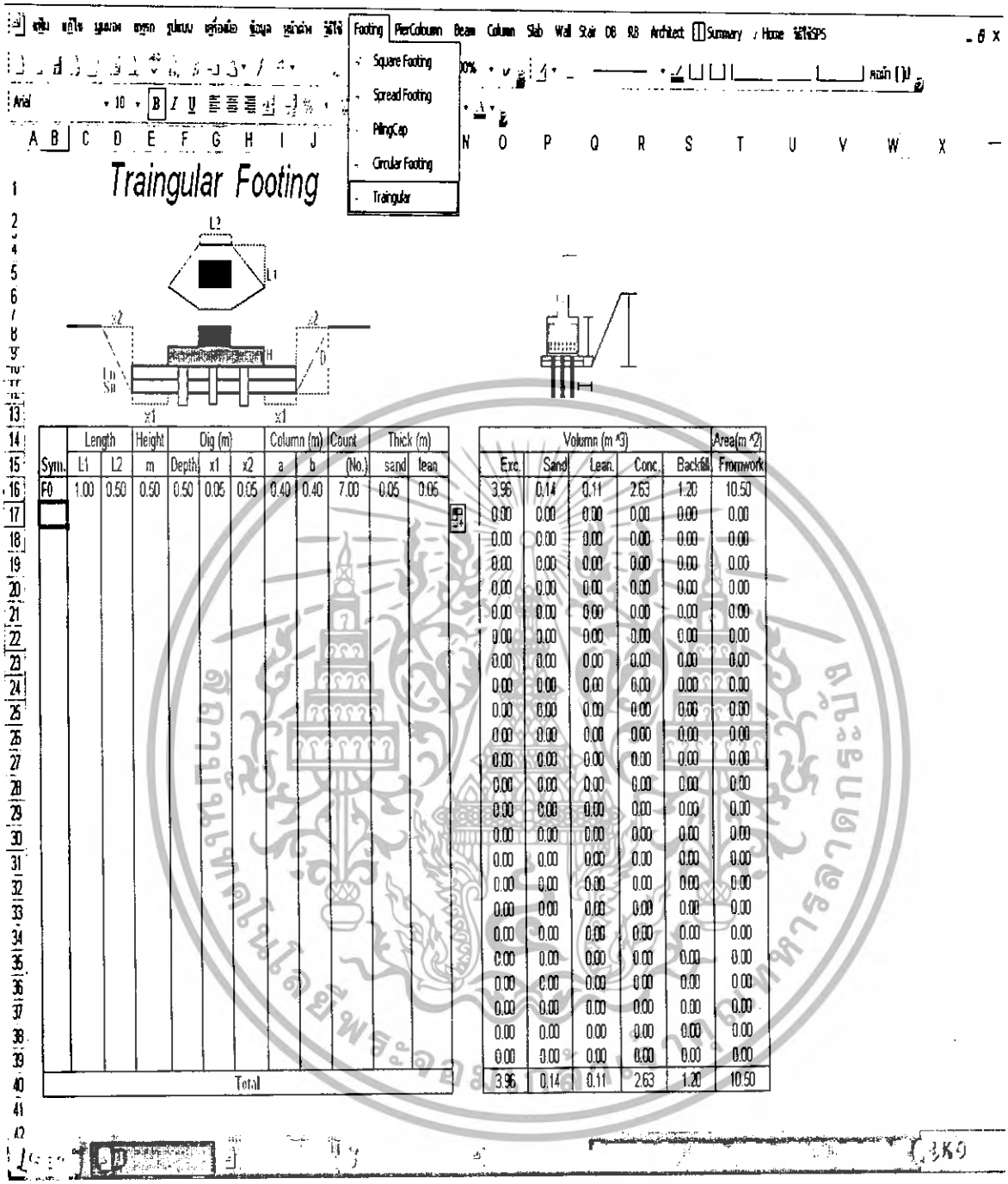
รูปที่ 6.5 Pilingcap Footing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



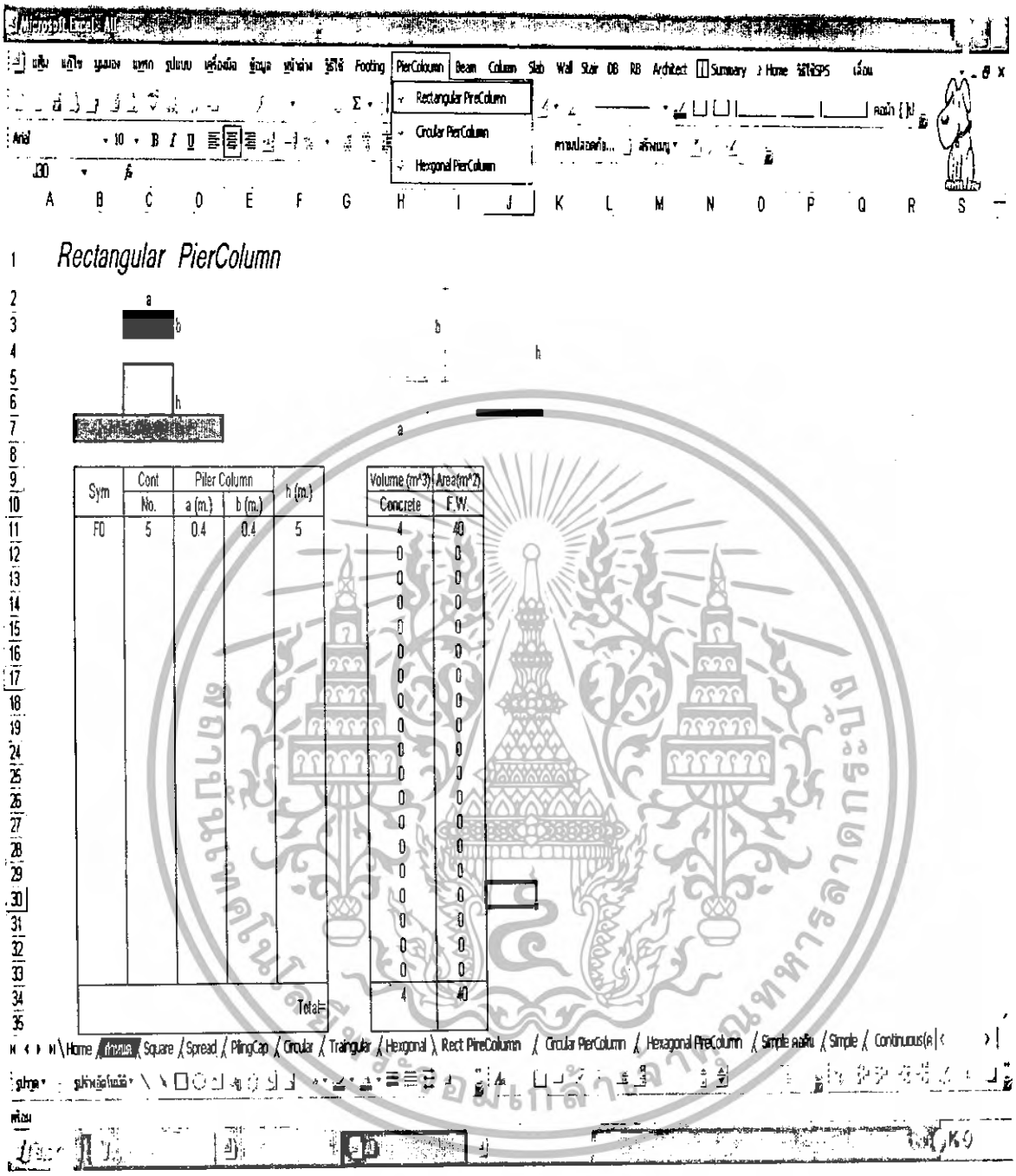
รูปที่ 6.6 Circular Footing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



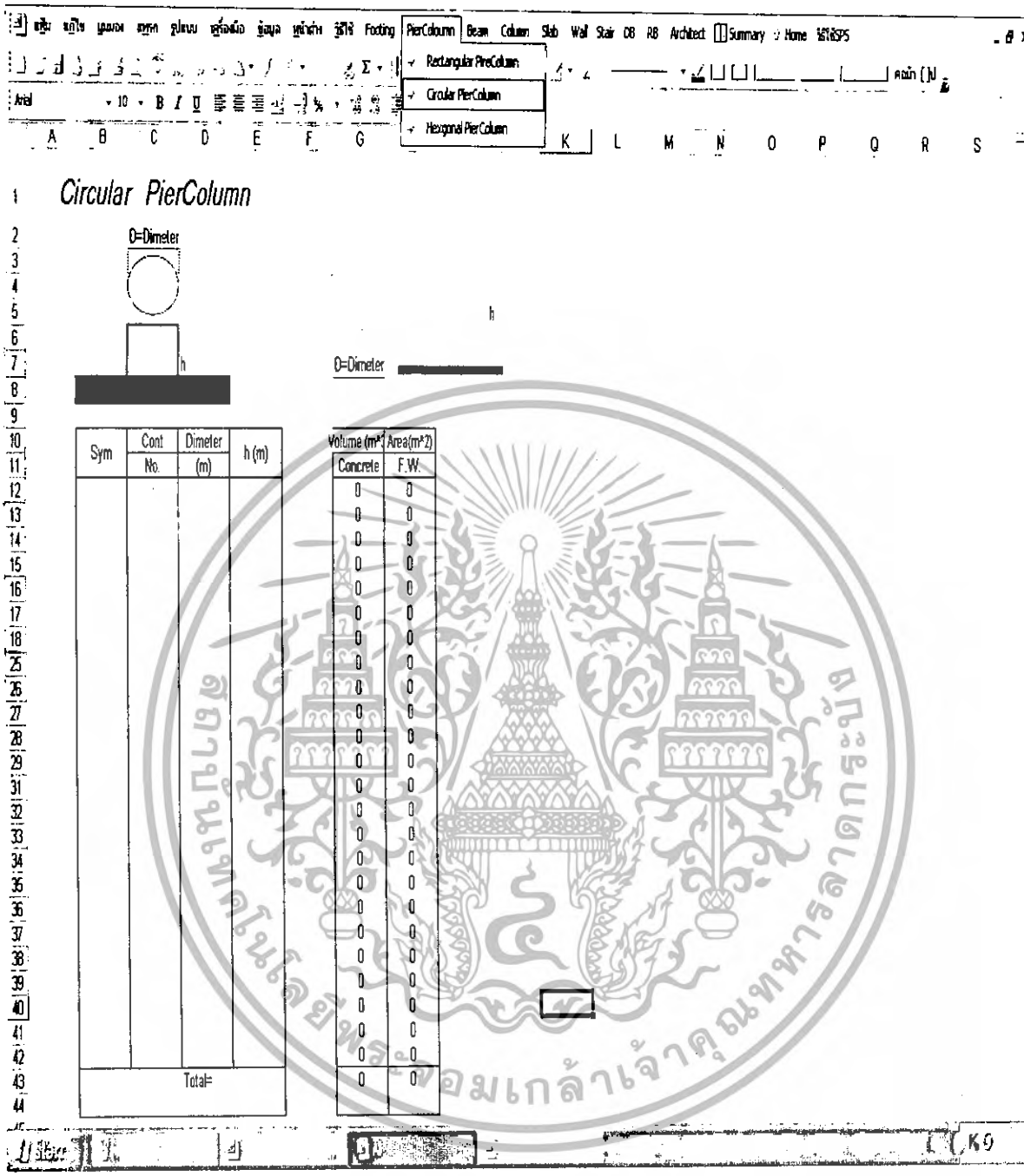
รูปที่ 6.7 Triangular Footing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



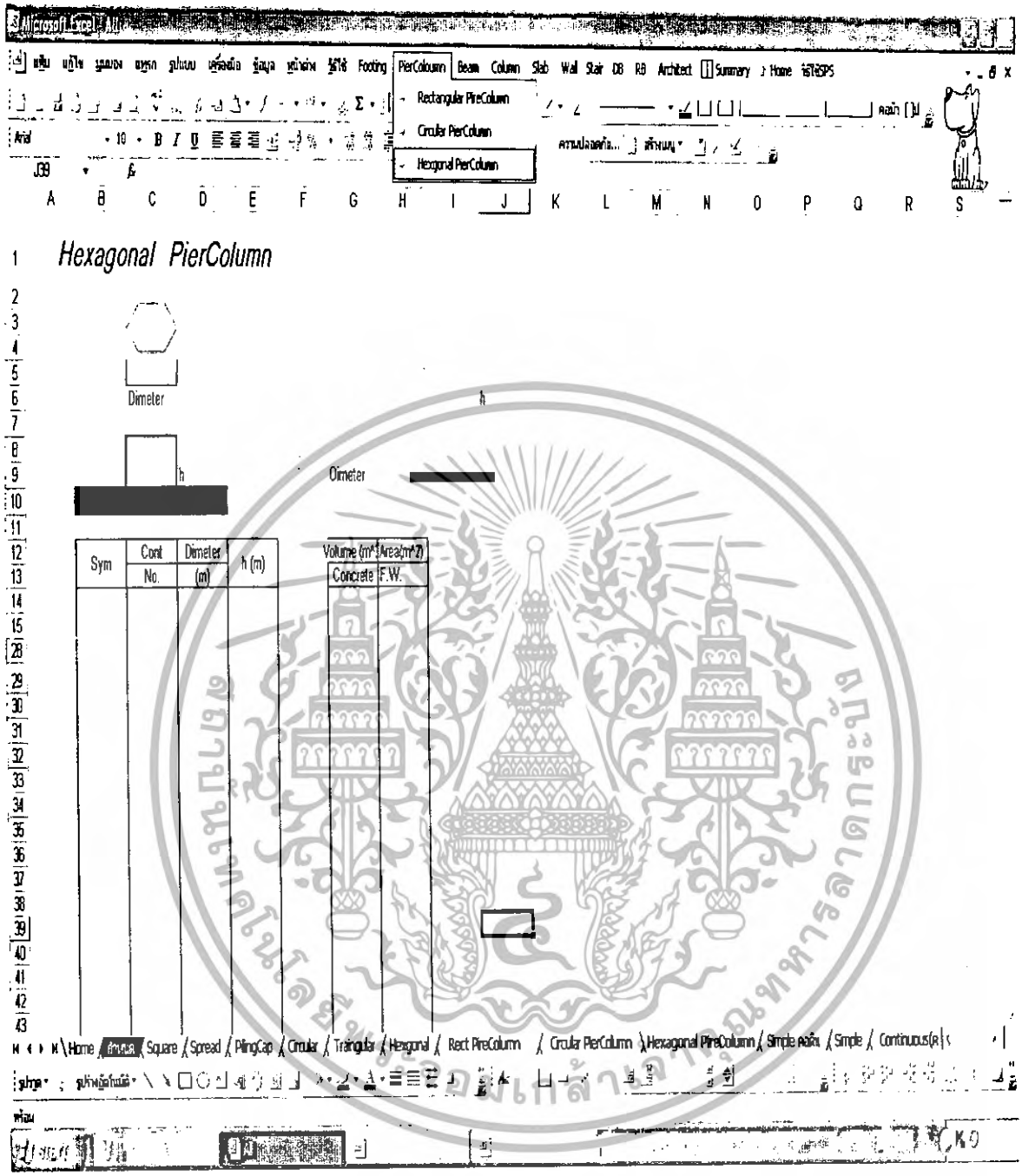
รูปที่ 6.8 Rectangular Pier Column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



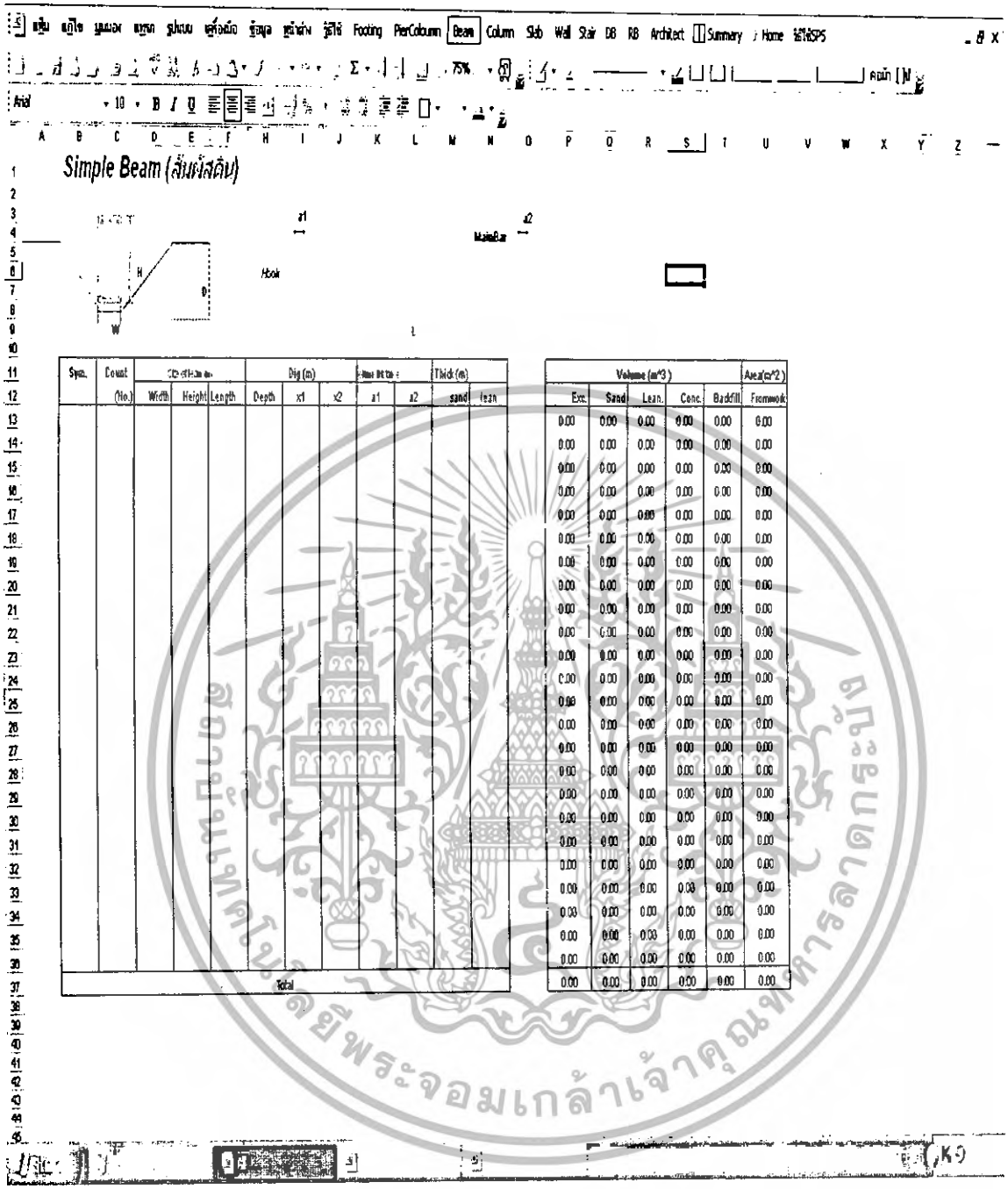
รูปที่ 6.9 Circular Pier Column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



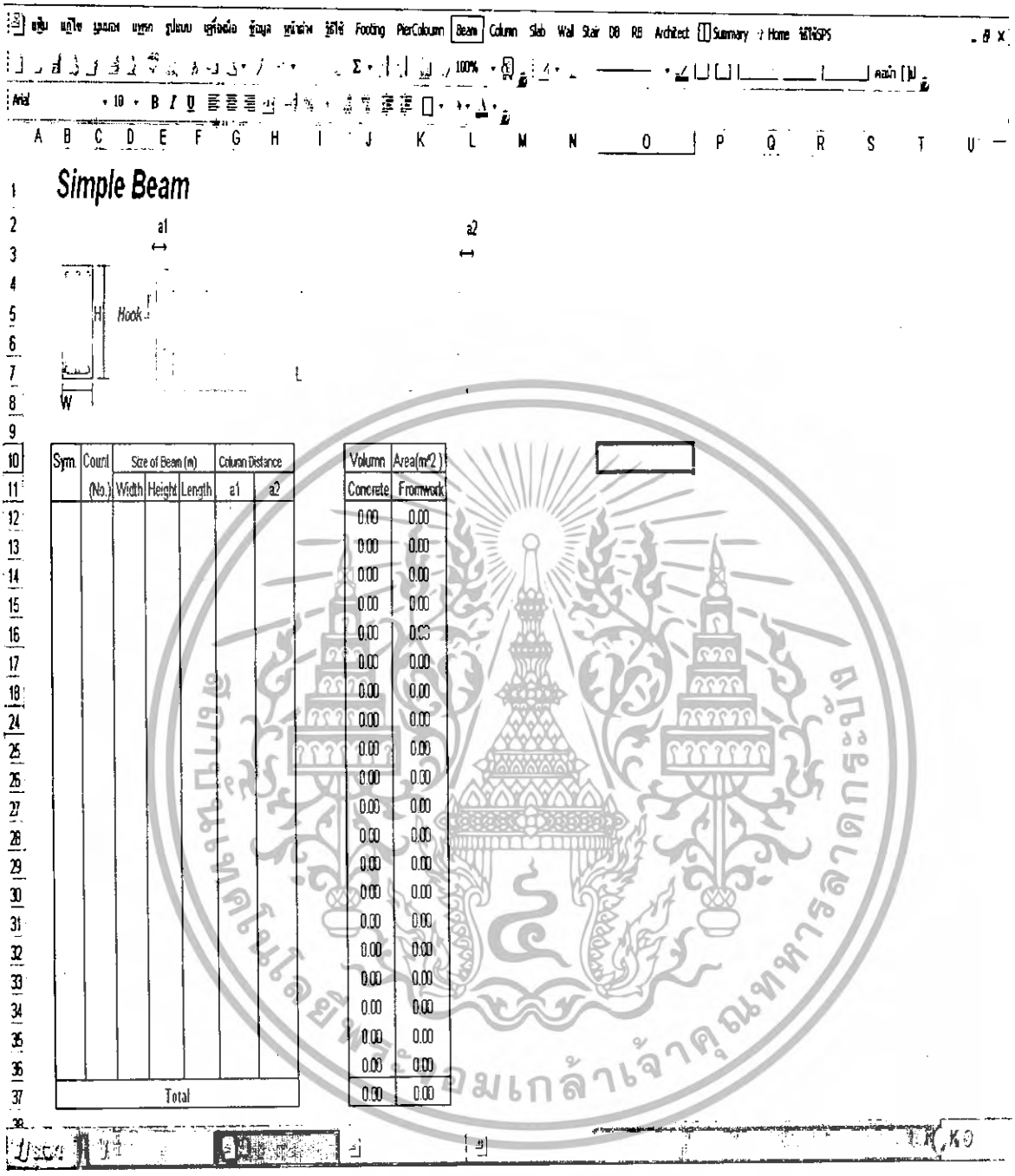
รูปที่ 6.10 Hexagonal Pier Column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



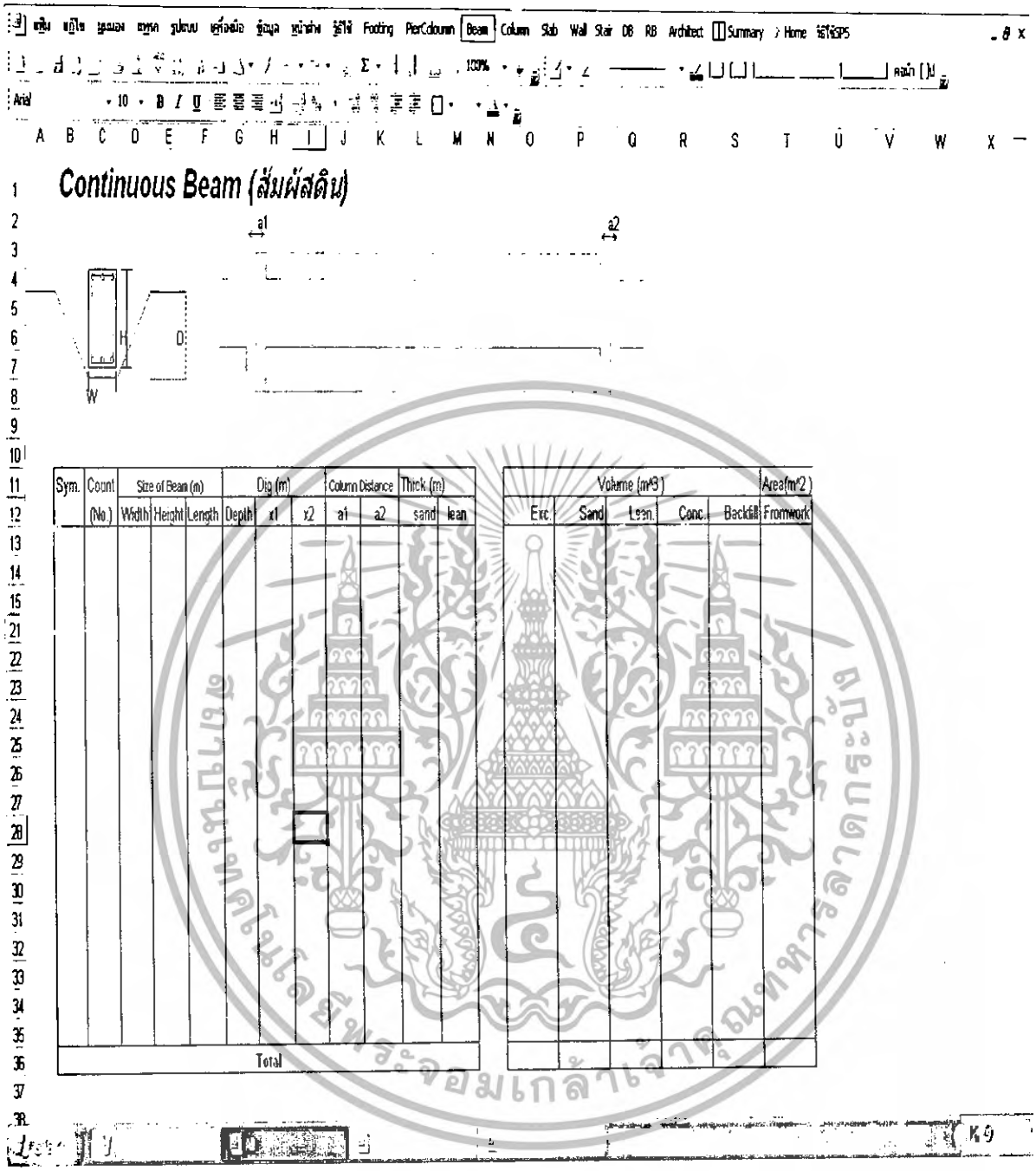
รูปที่ 6.11 Simple Beam (สัมผัสดิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



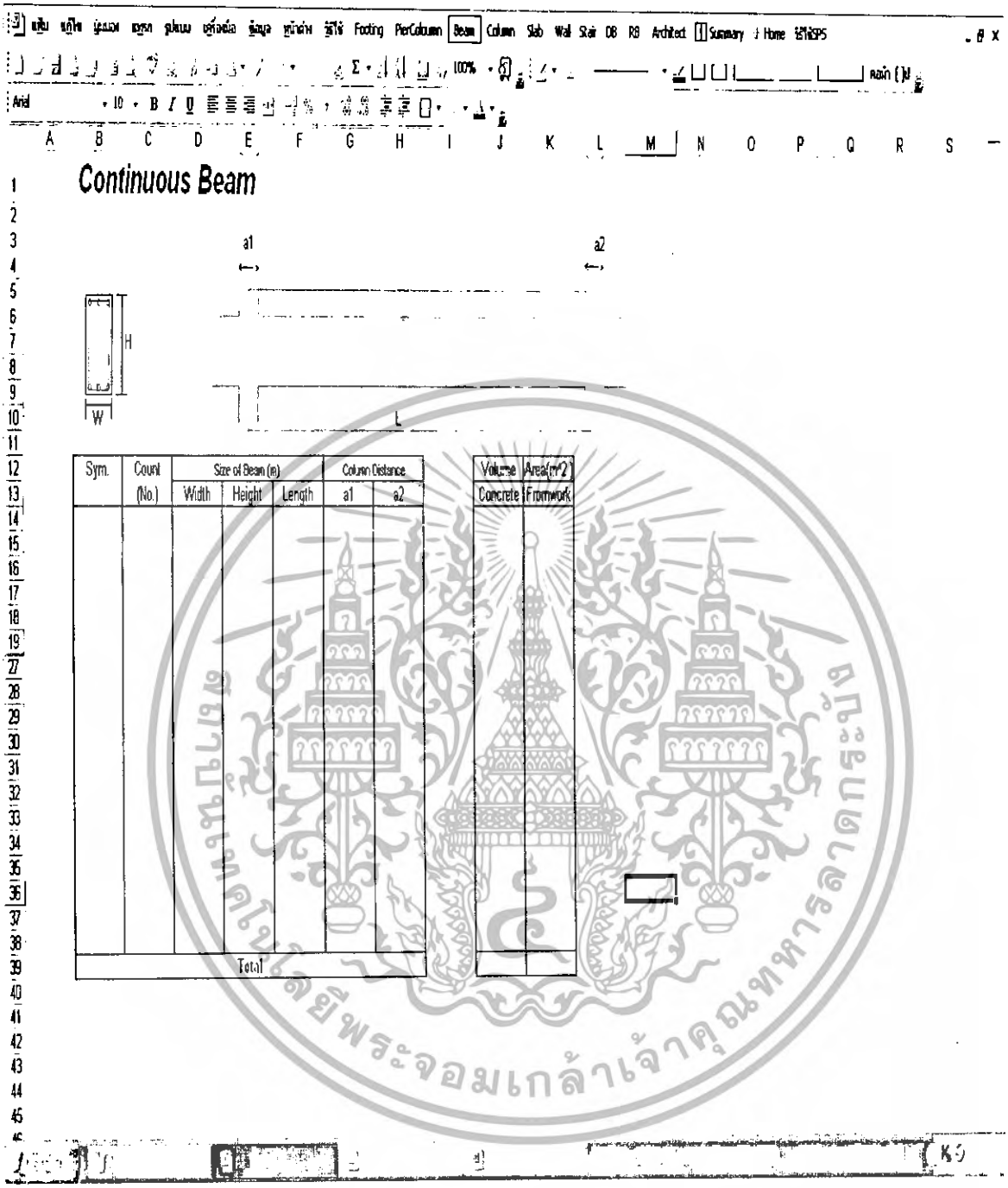
รูปที่ 6.12 Simple Beam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



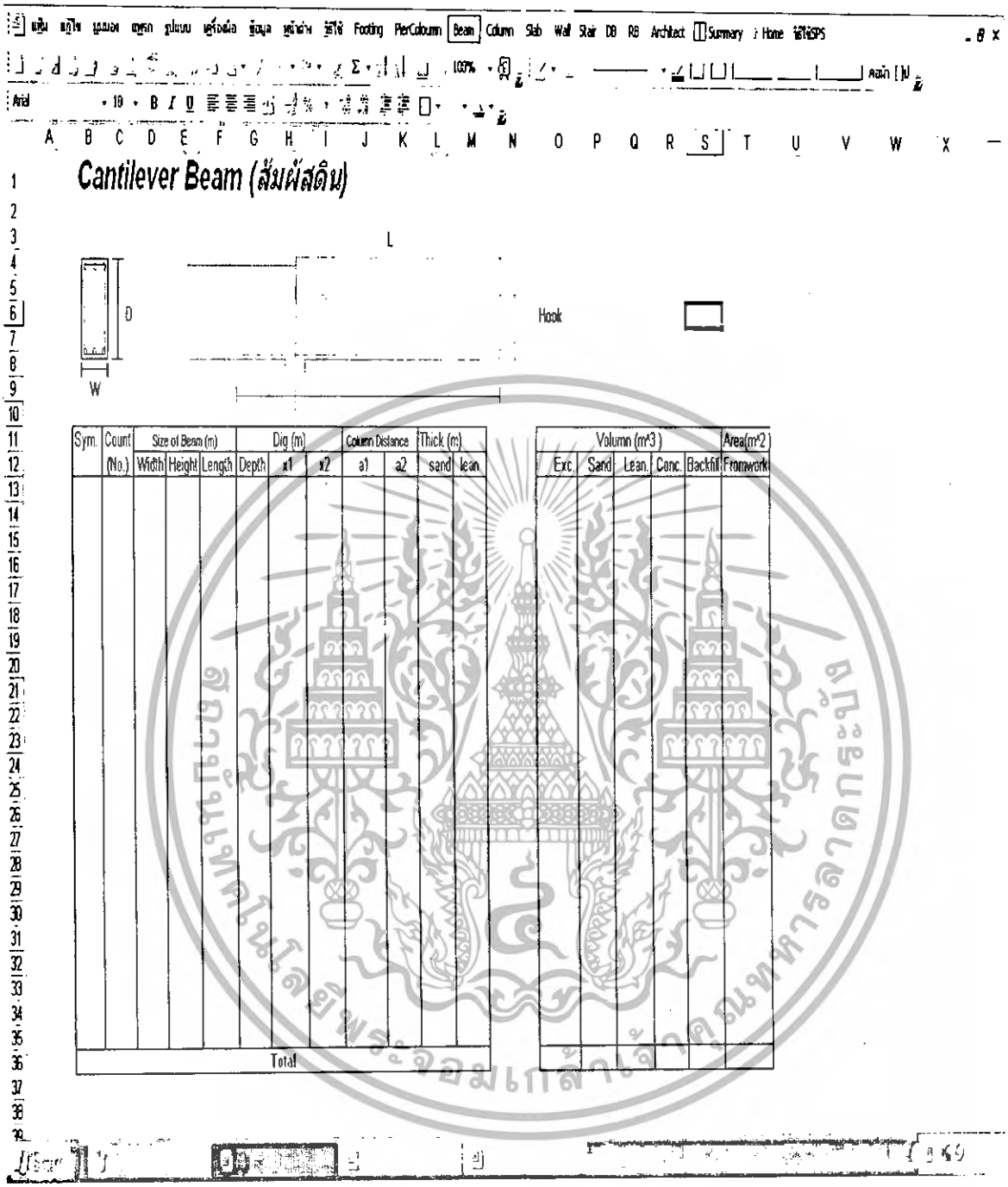
รูปที่ 6.13 Continuous Beam (สัมผัสดิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



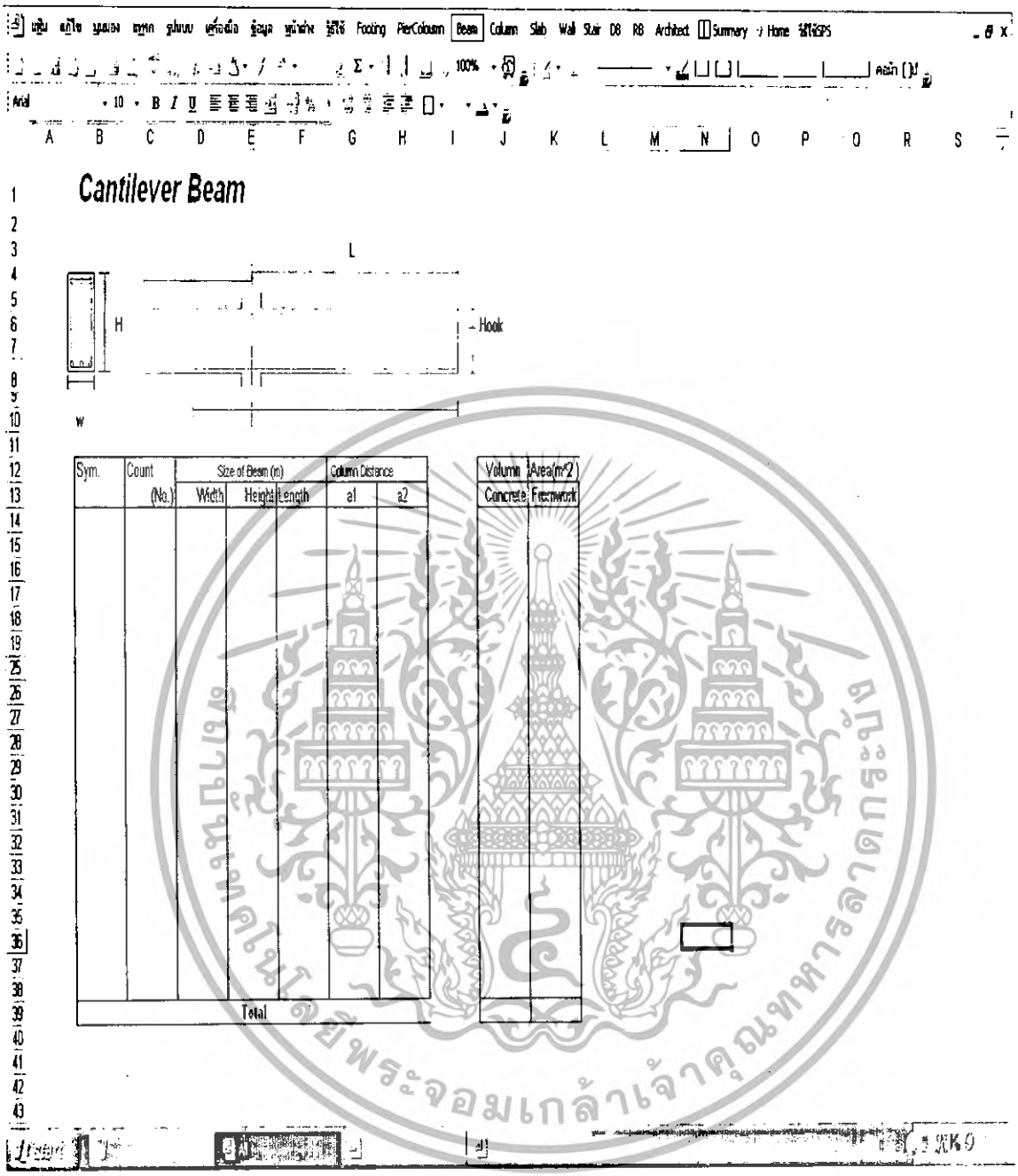
รูปที่ 6.14 Continuous Beam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



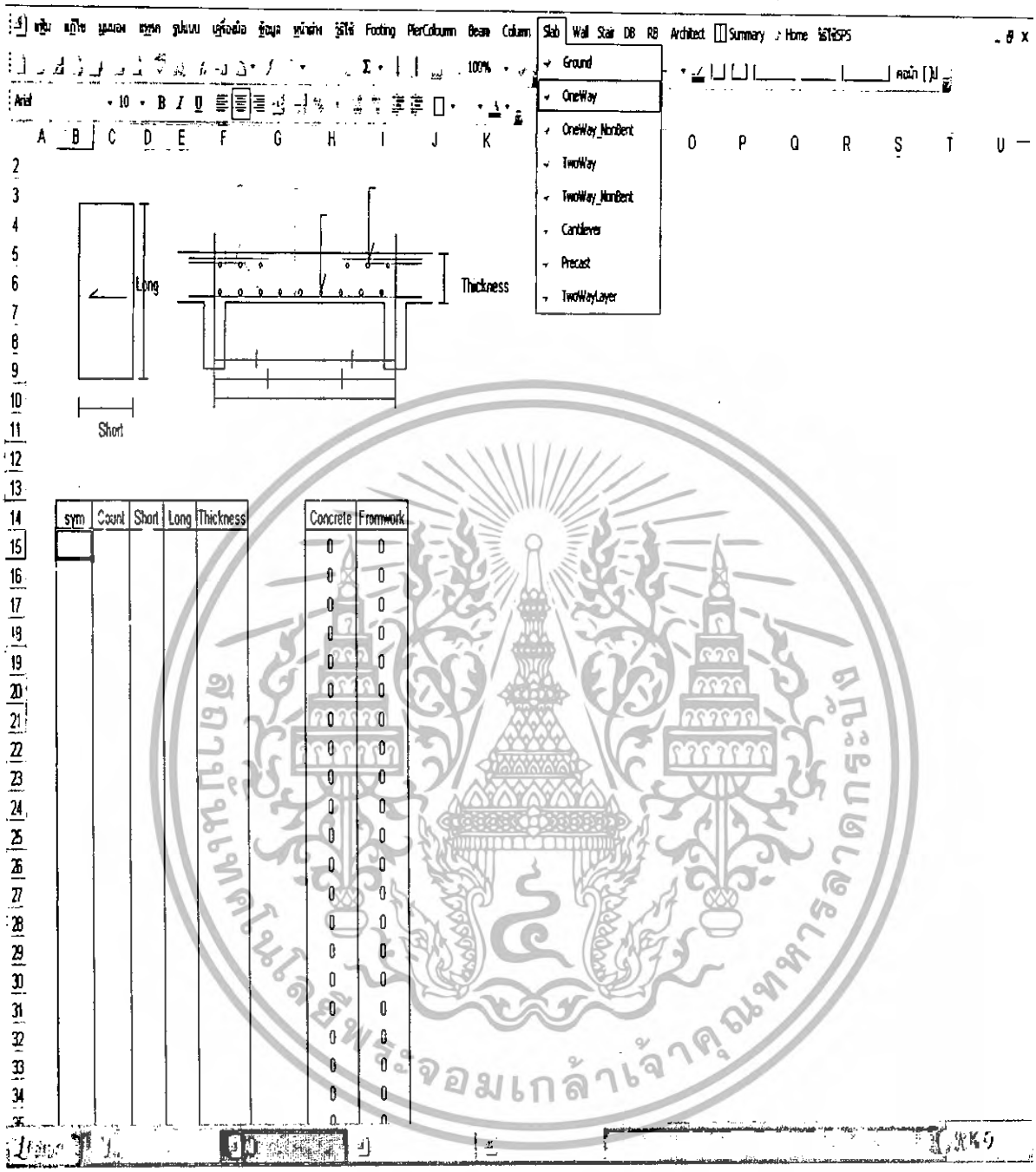
รูปที่ 6.15 Cantilever Beam (สัมผัสดิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



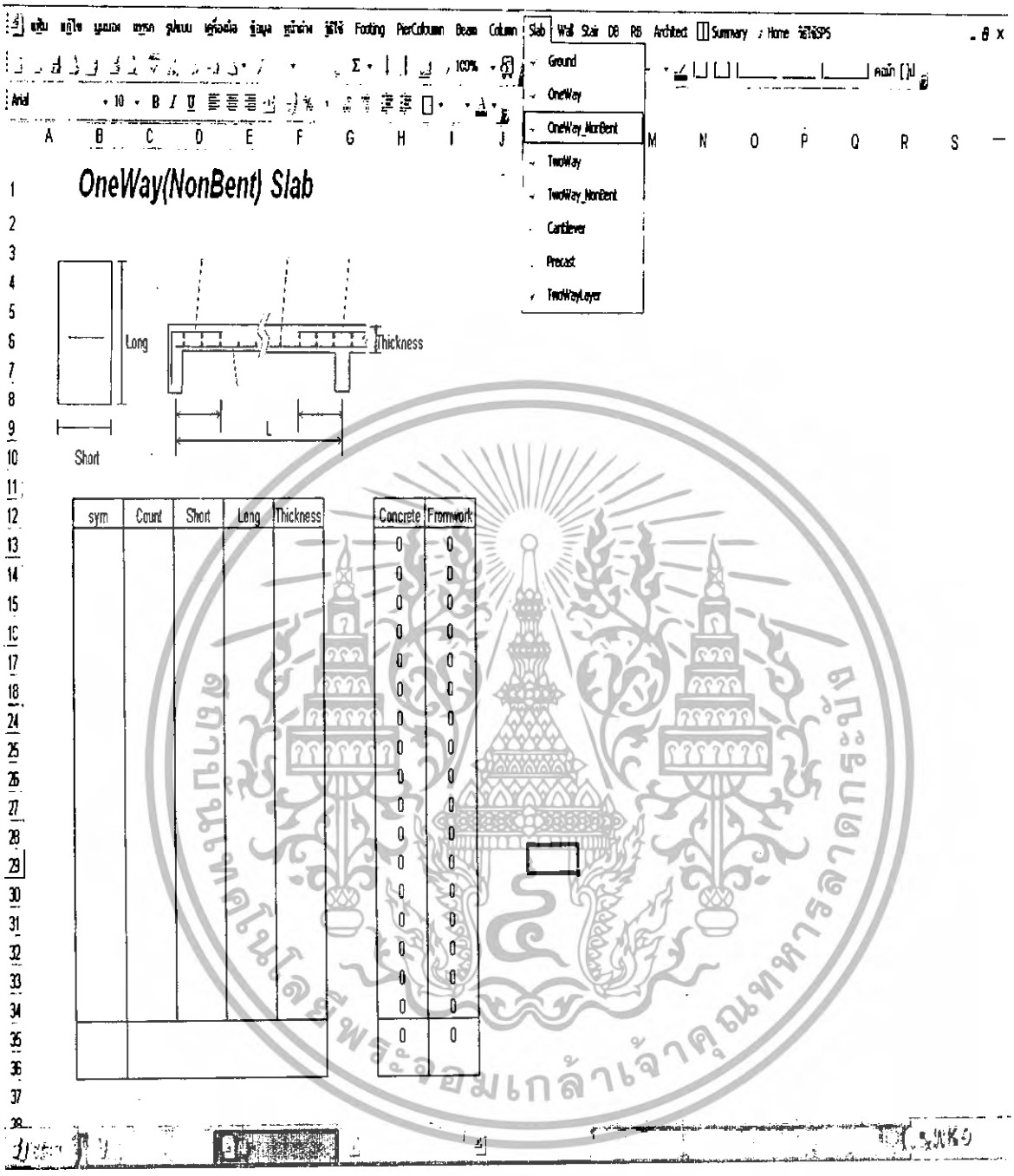
รูปที่ 6.16 Cantilever Beam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



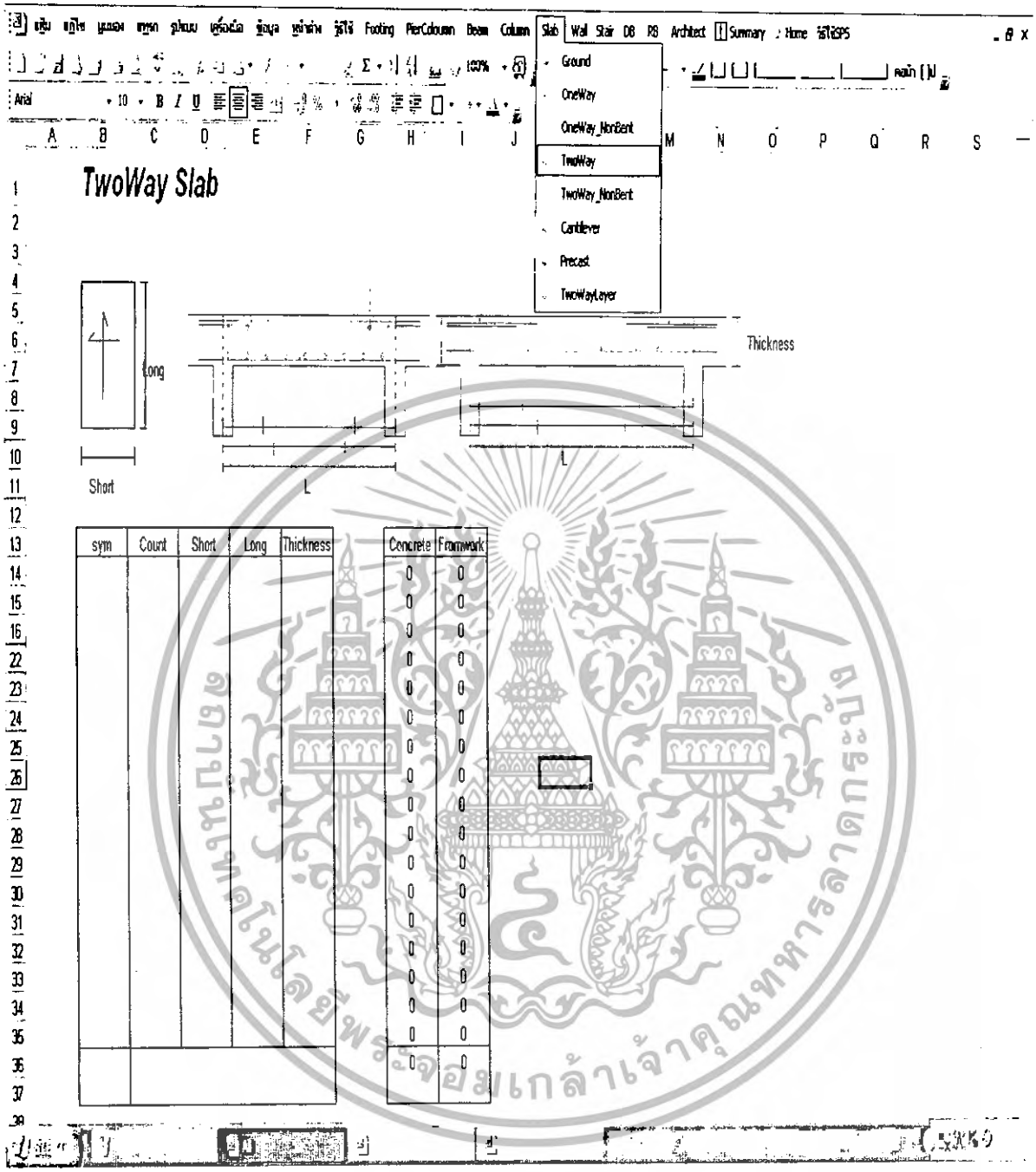
รูปที่ 6.17 OneWay Slab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



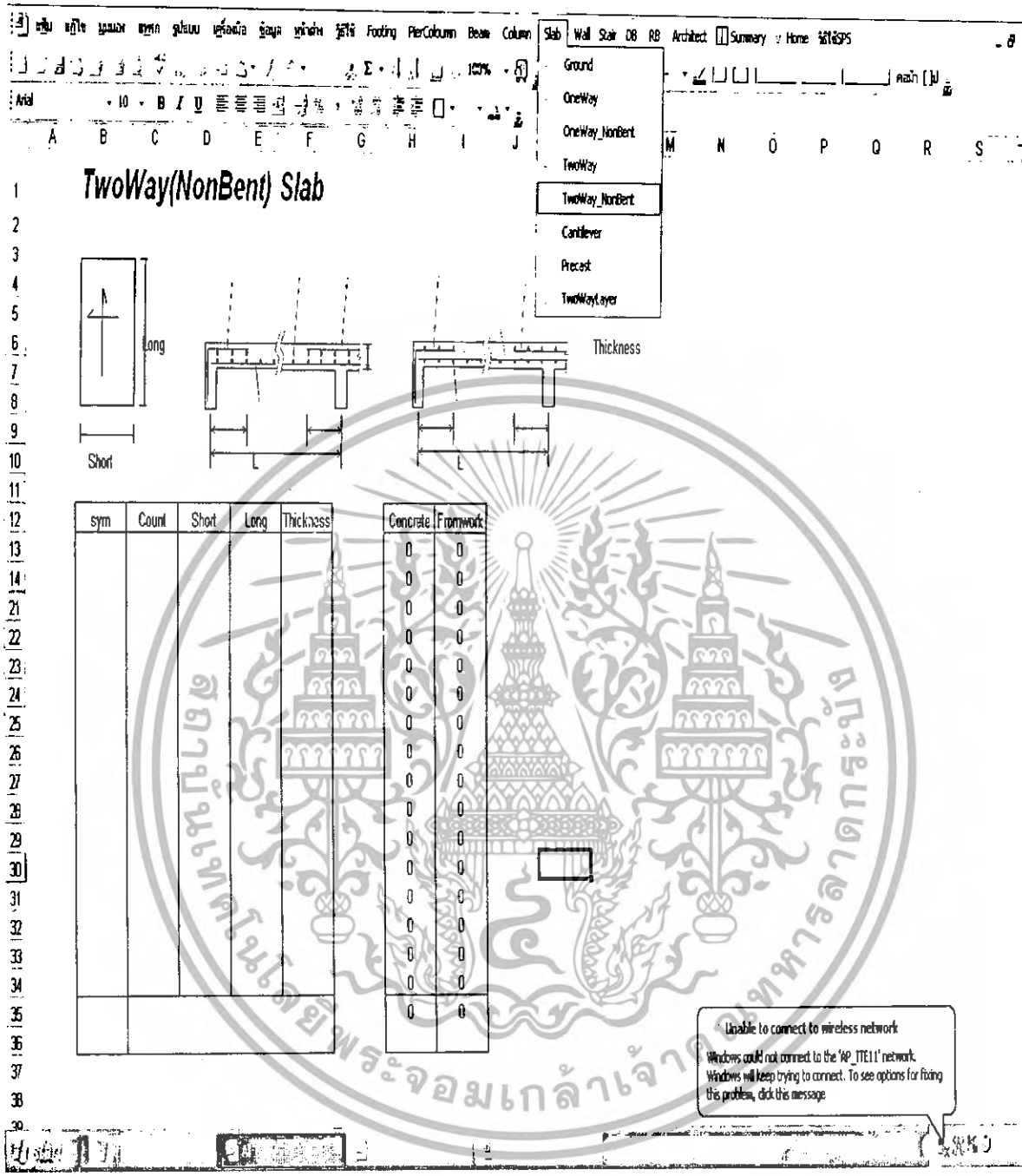
รูปที่ 6.18 OneWay Slab (NonBent)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



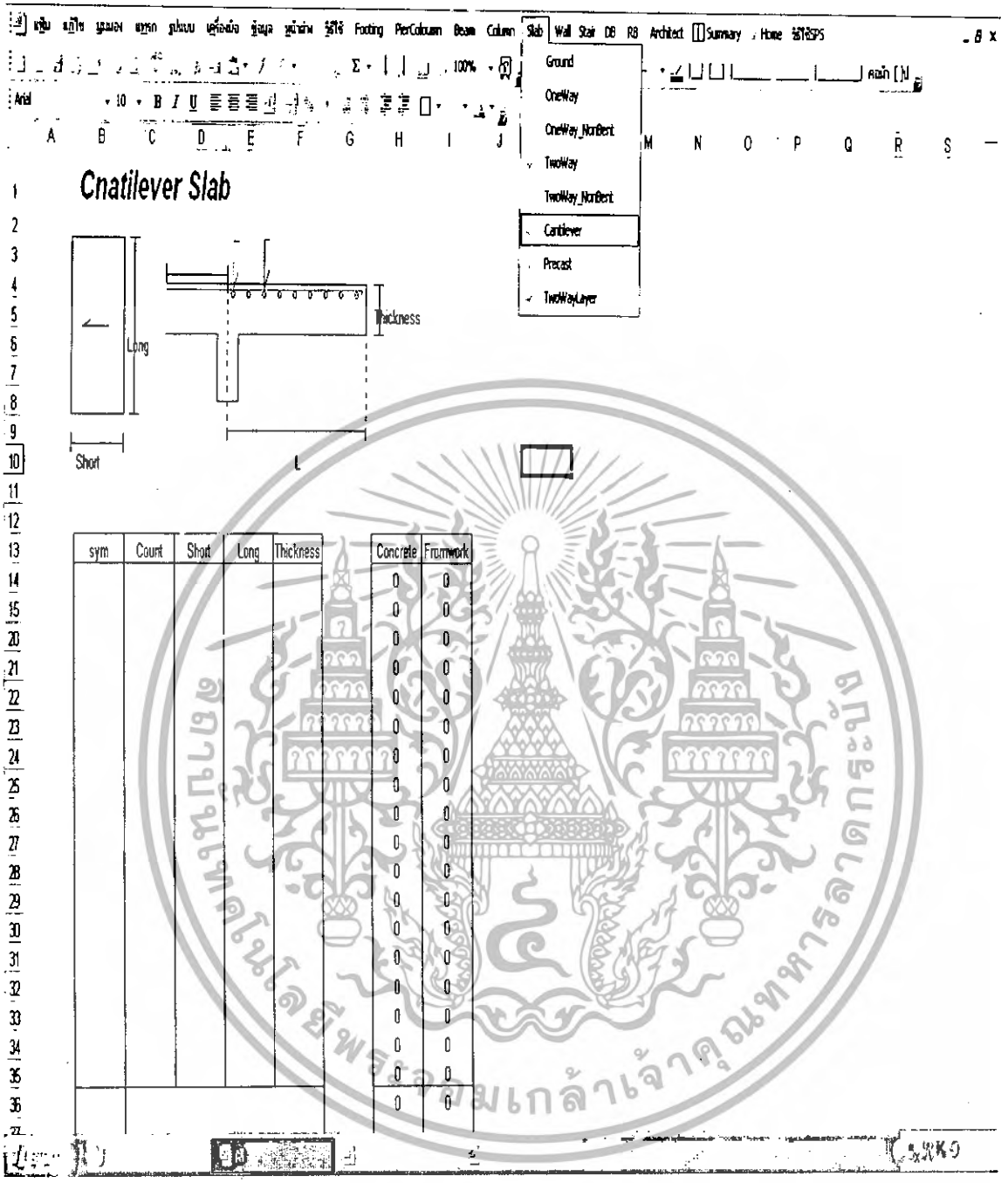
รูปที่ 6.19 TwoWay Slab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



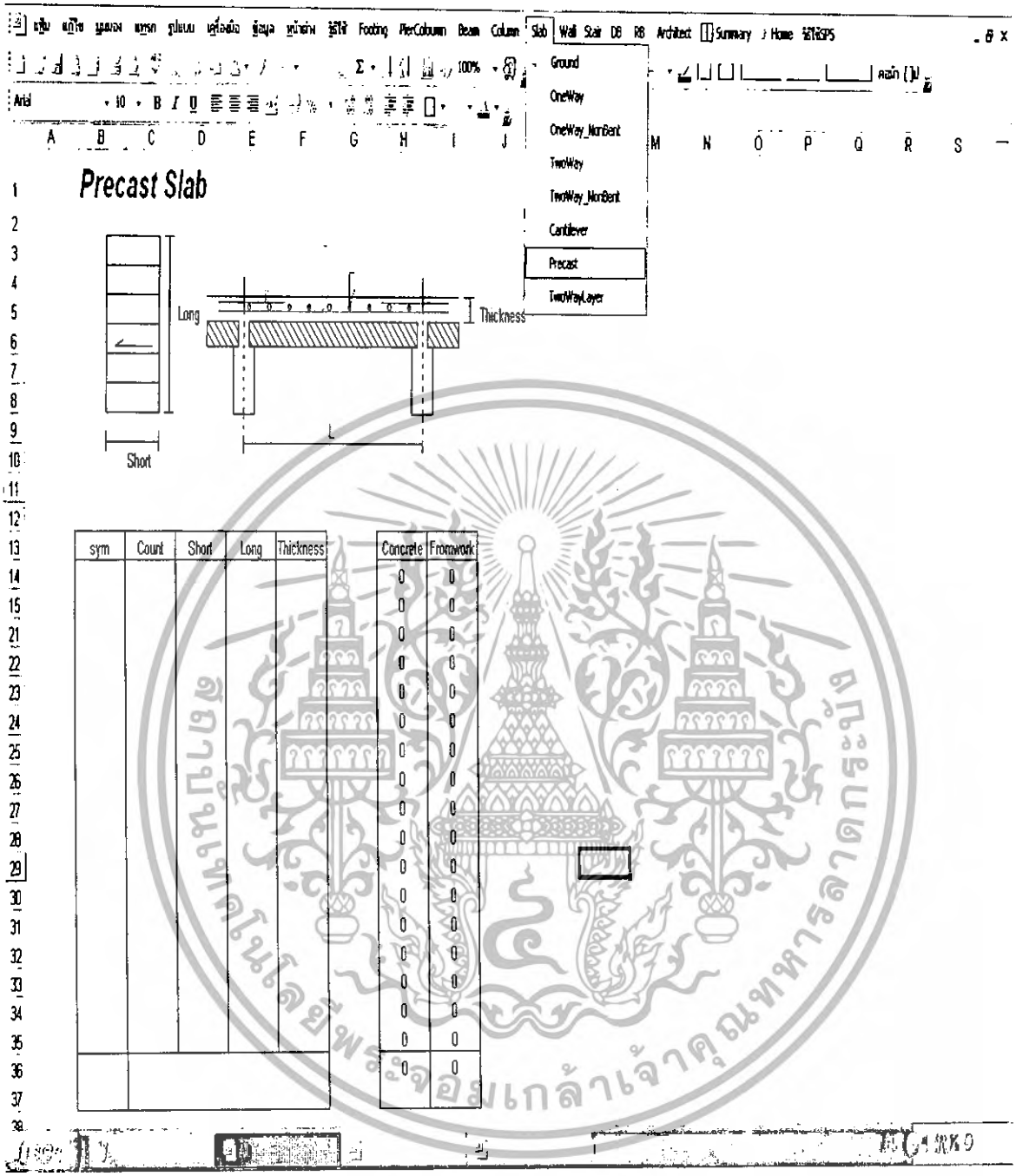
รูปที่ 6.20 TwoWay Slab (NonBent)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



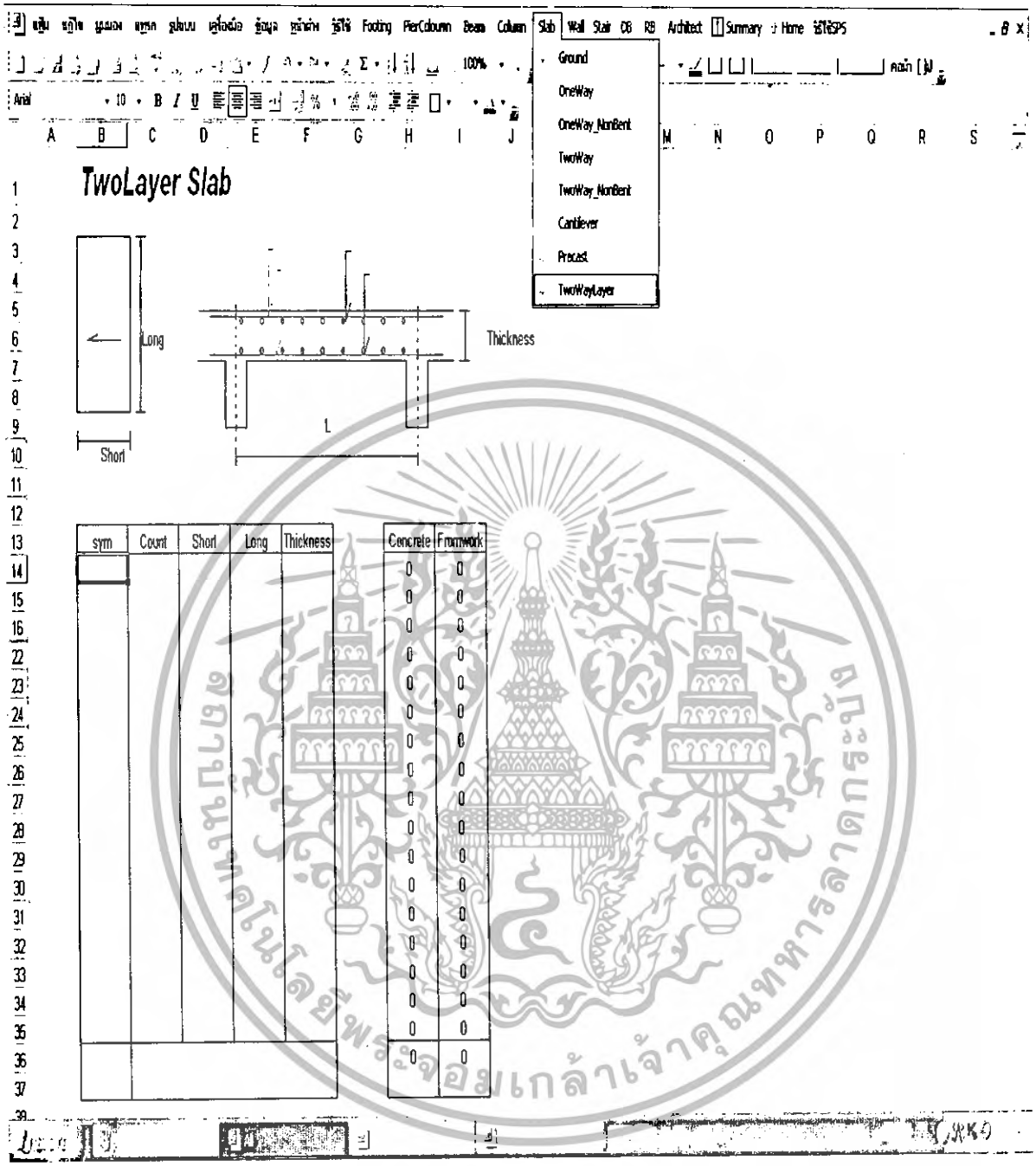
รูปที่ 6.21 Cantilever Slab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



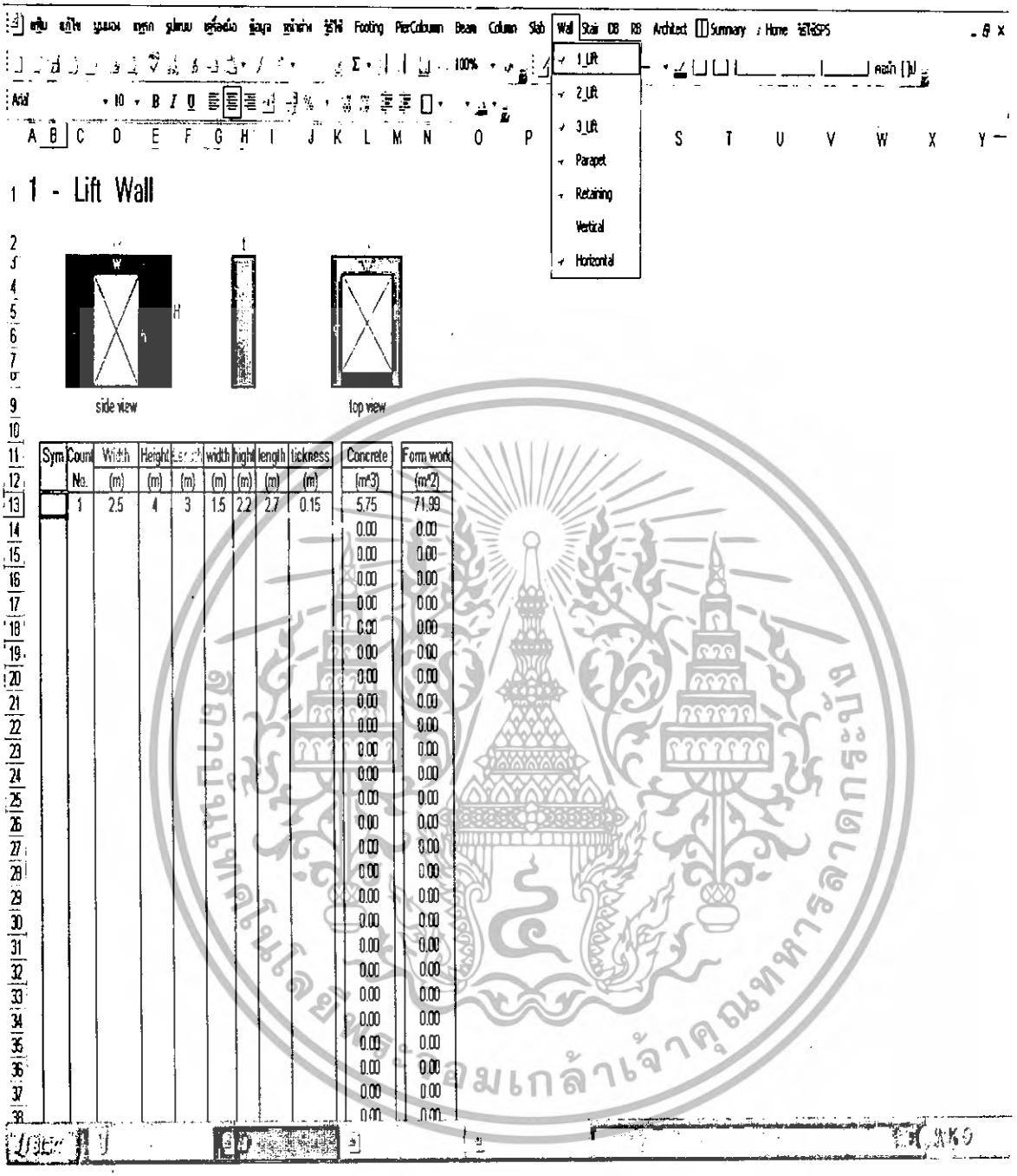
รูปที่ 6.22 PreCast Slab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



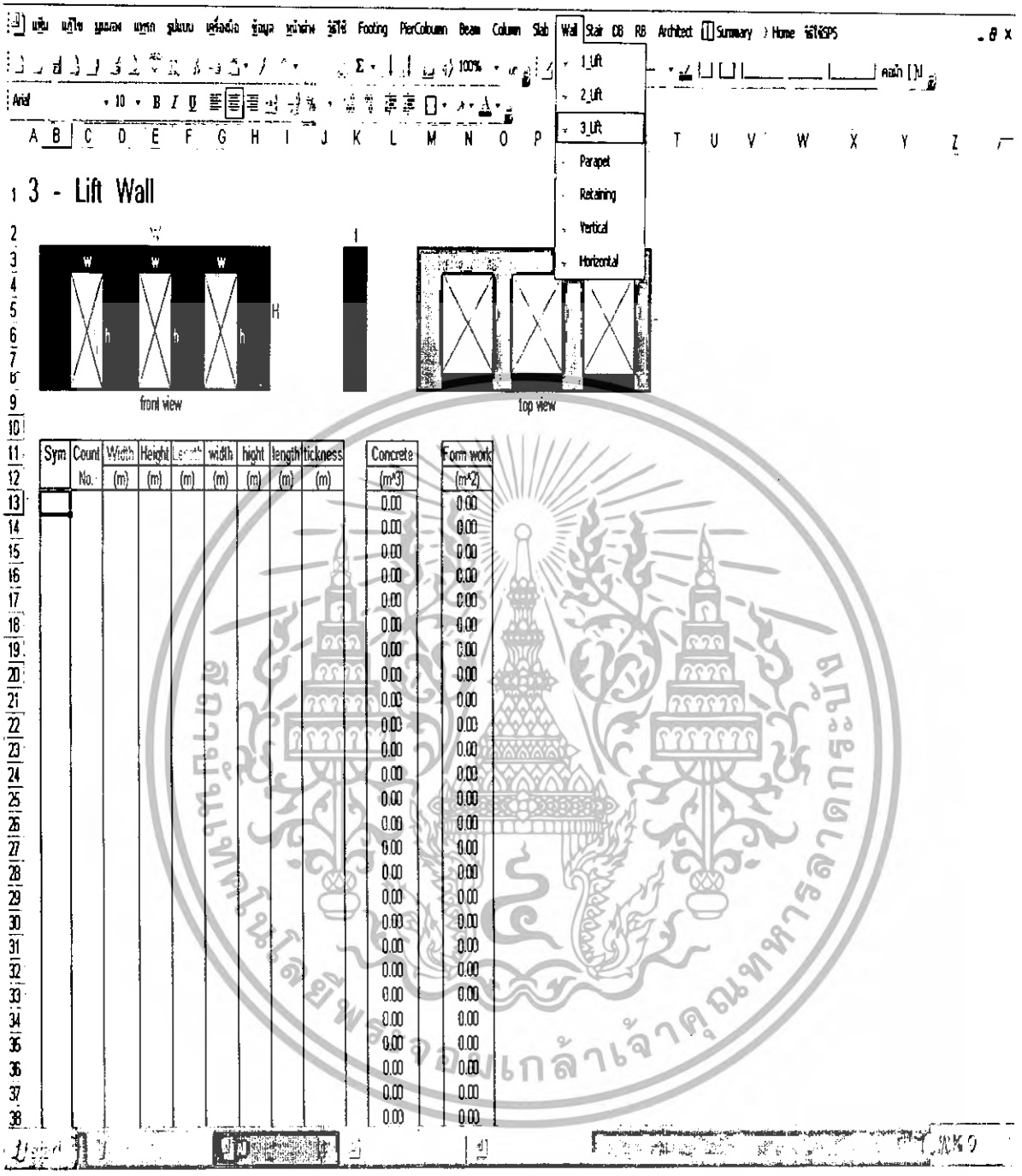
รูปที่ 6.23 Twolayer Slab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



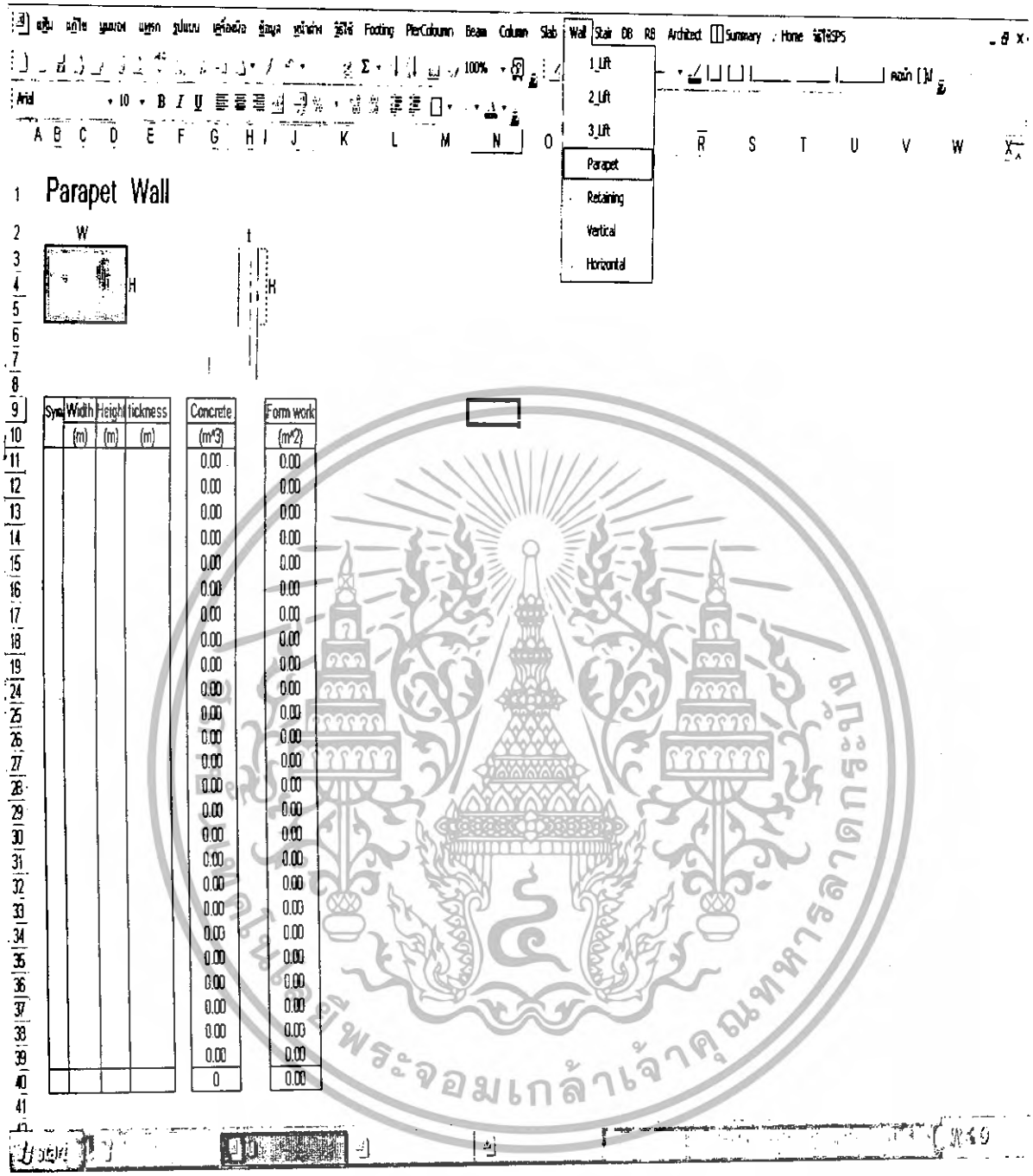
รูปที่ 6.24 1 – Lift Wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



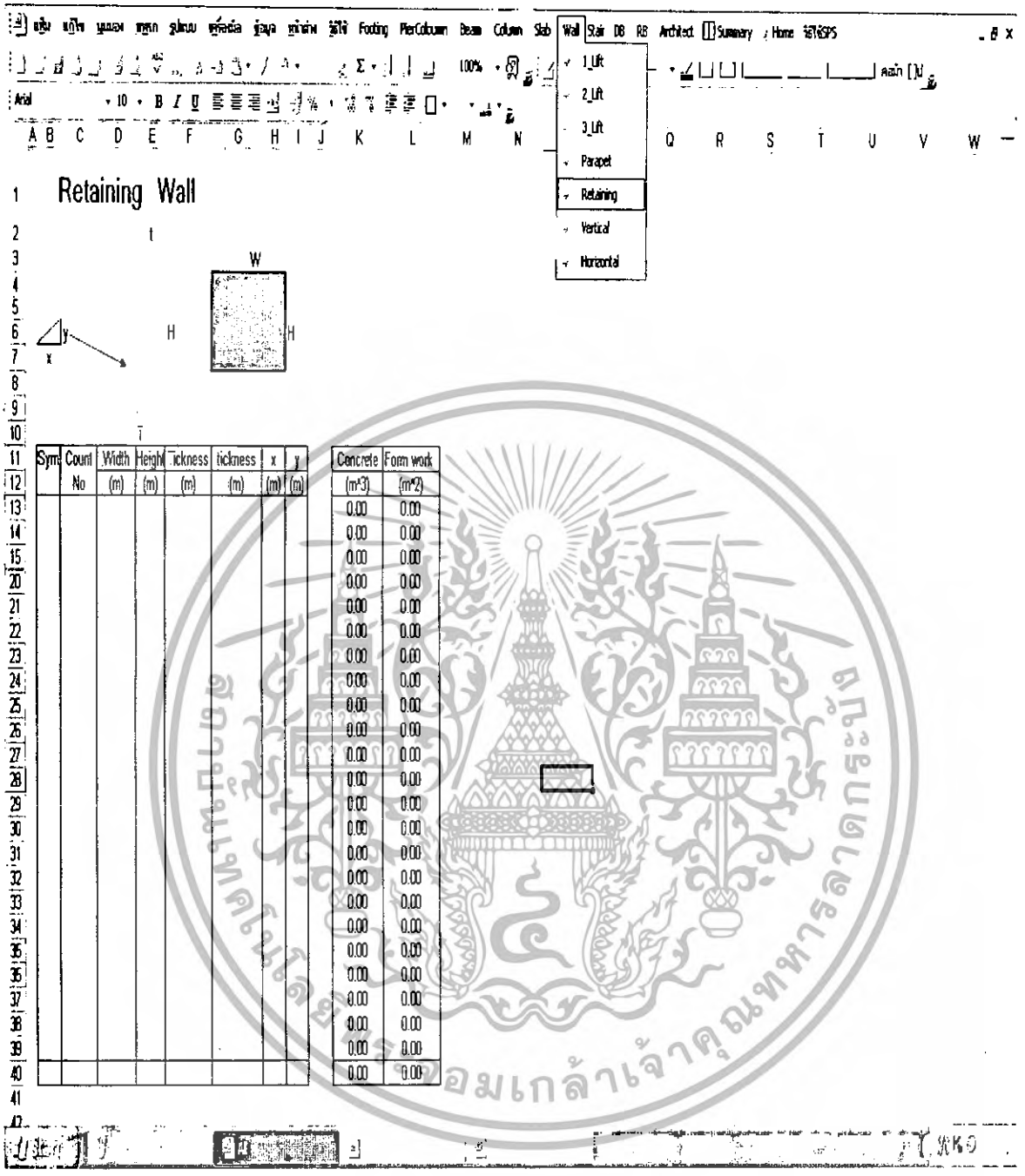
รูปที่ 6.25 3 – Lift Wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



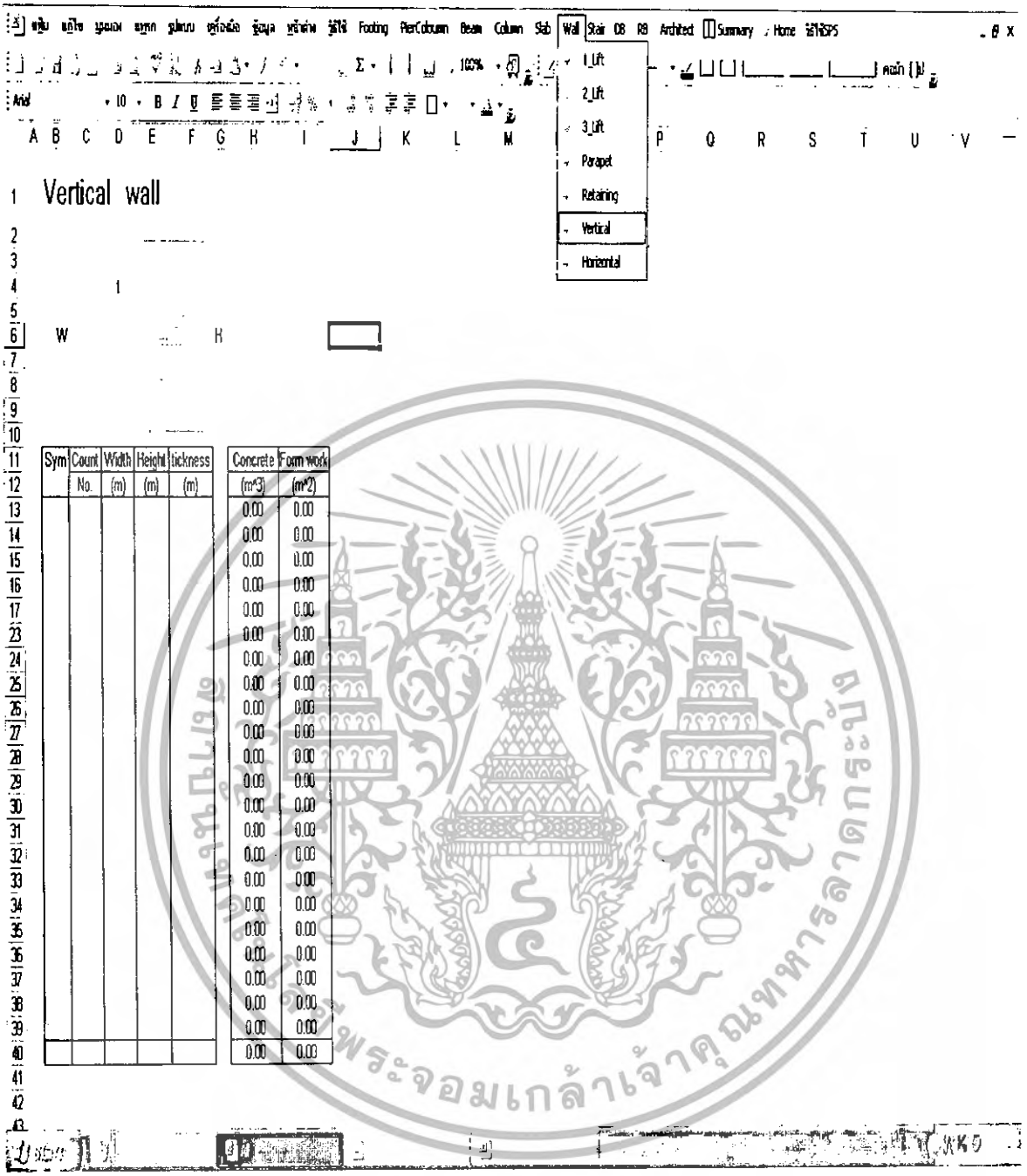
รูปที่ 6.26 Parapet Wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



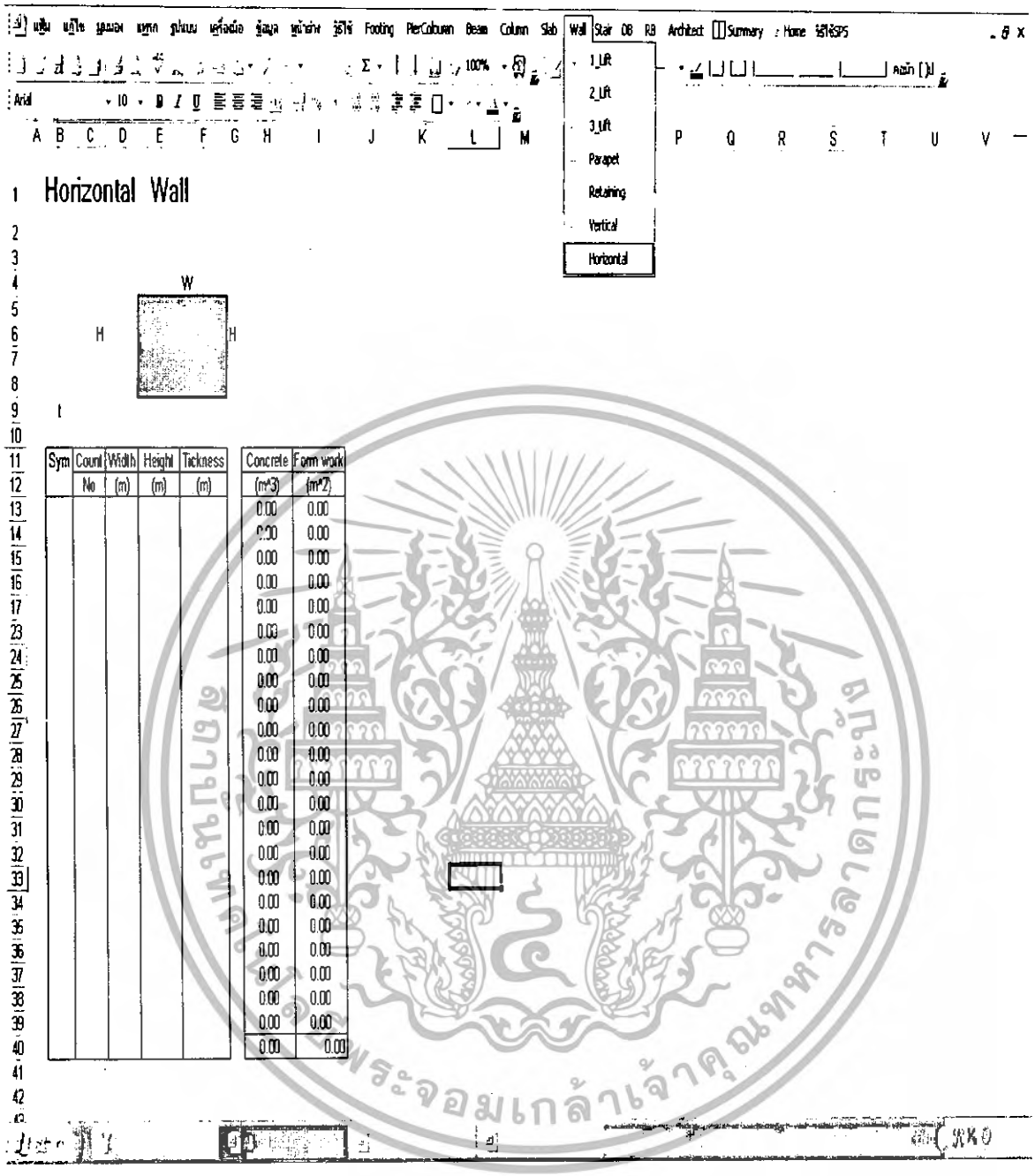
รูปที่ 6.27 Retaining Wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



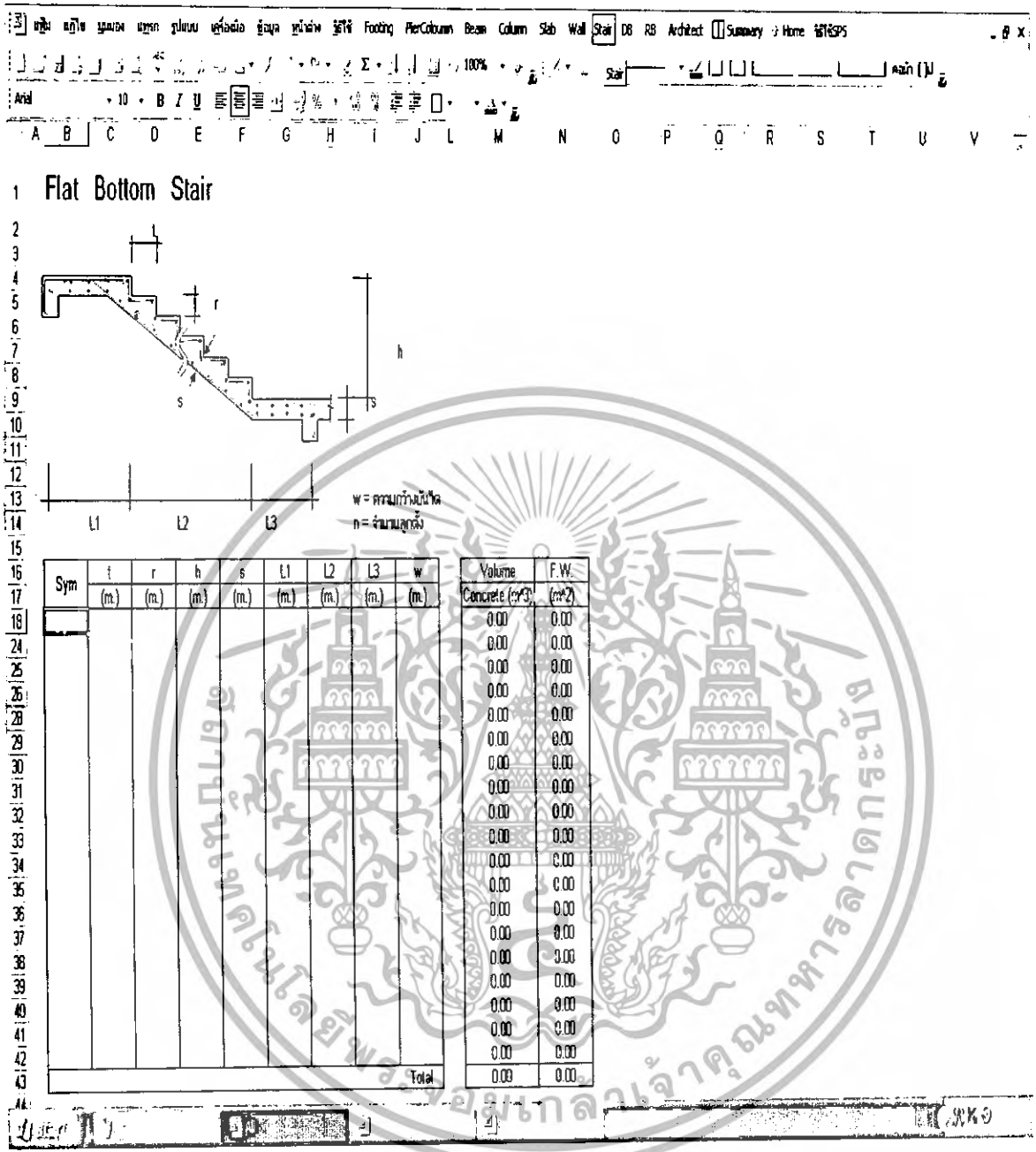
รูปที่ 6.28 Vertical Wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



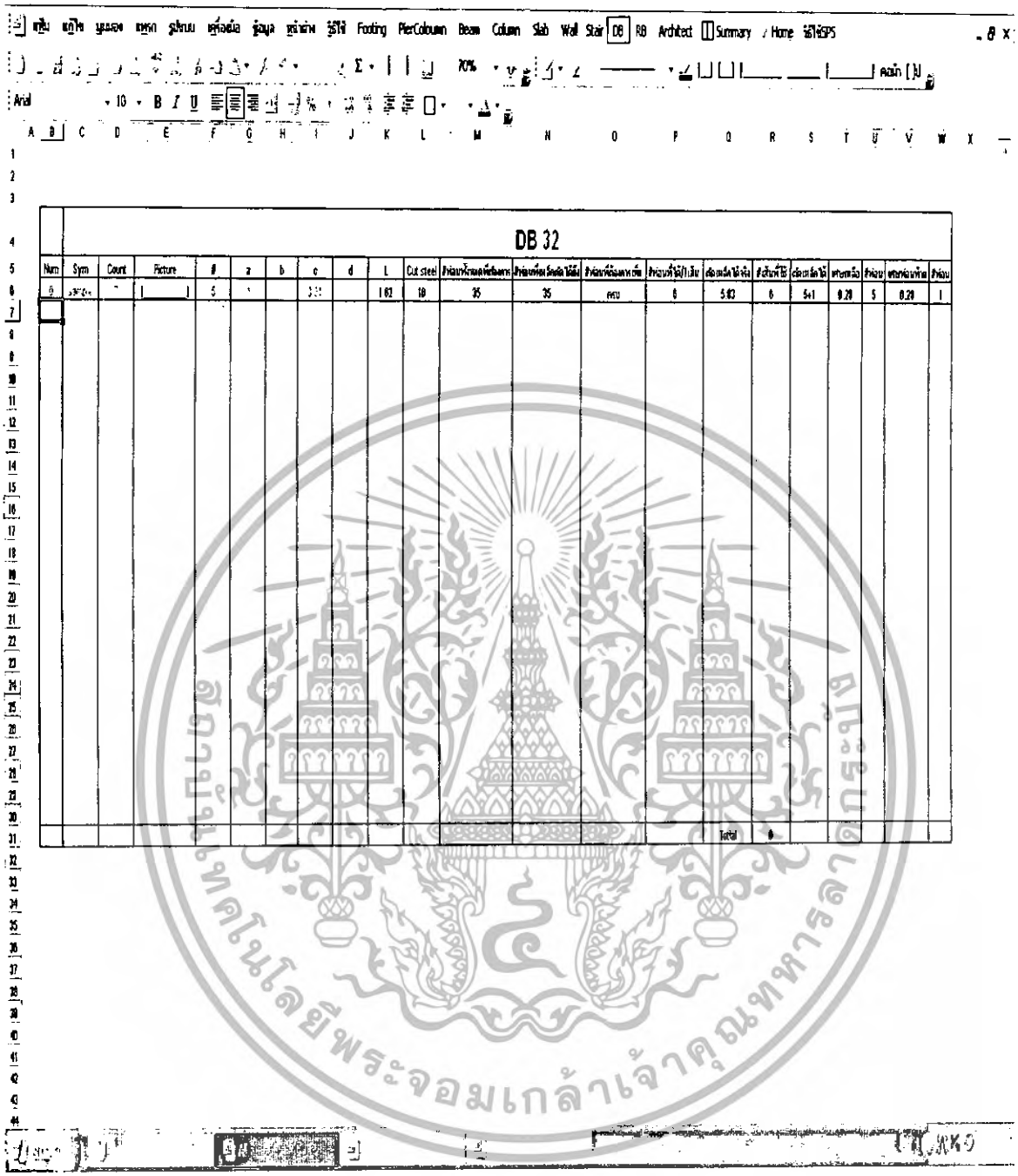
รูปที่ 6.29 Horizontal Wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



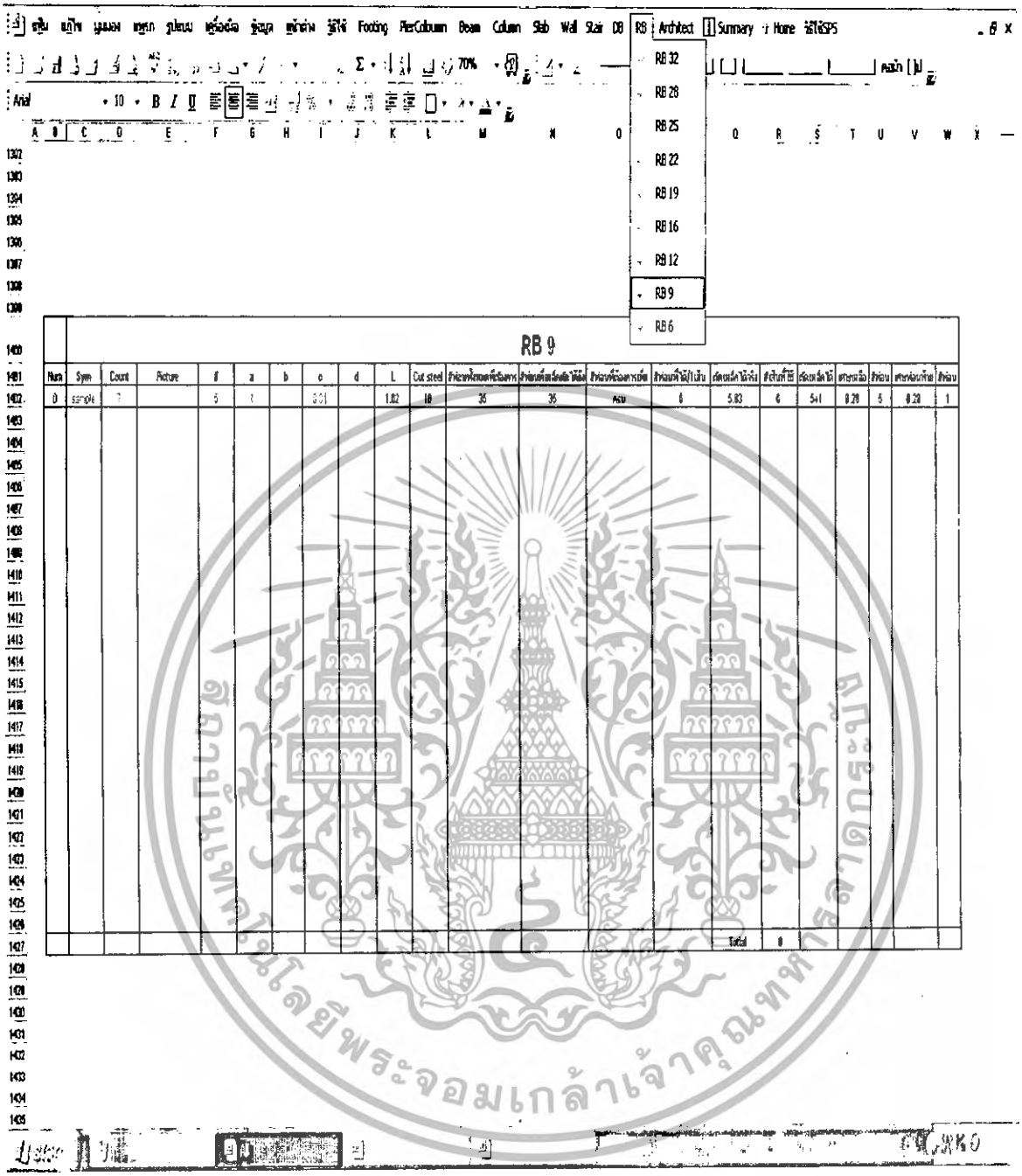
รูปที่ 6.30 Flat Bottom Stair

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



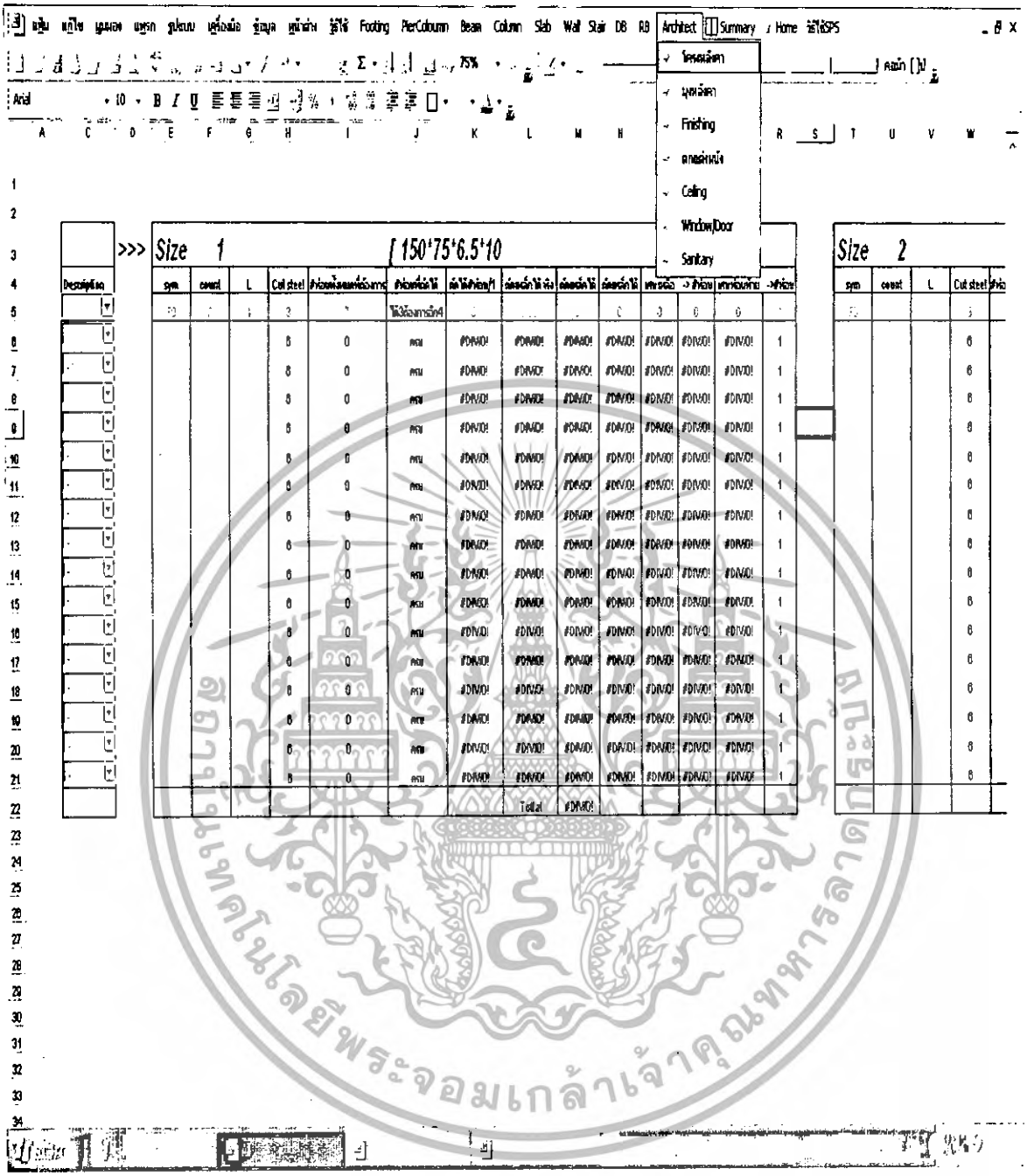
รูปที่ 6.31 Steel (DB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



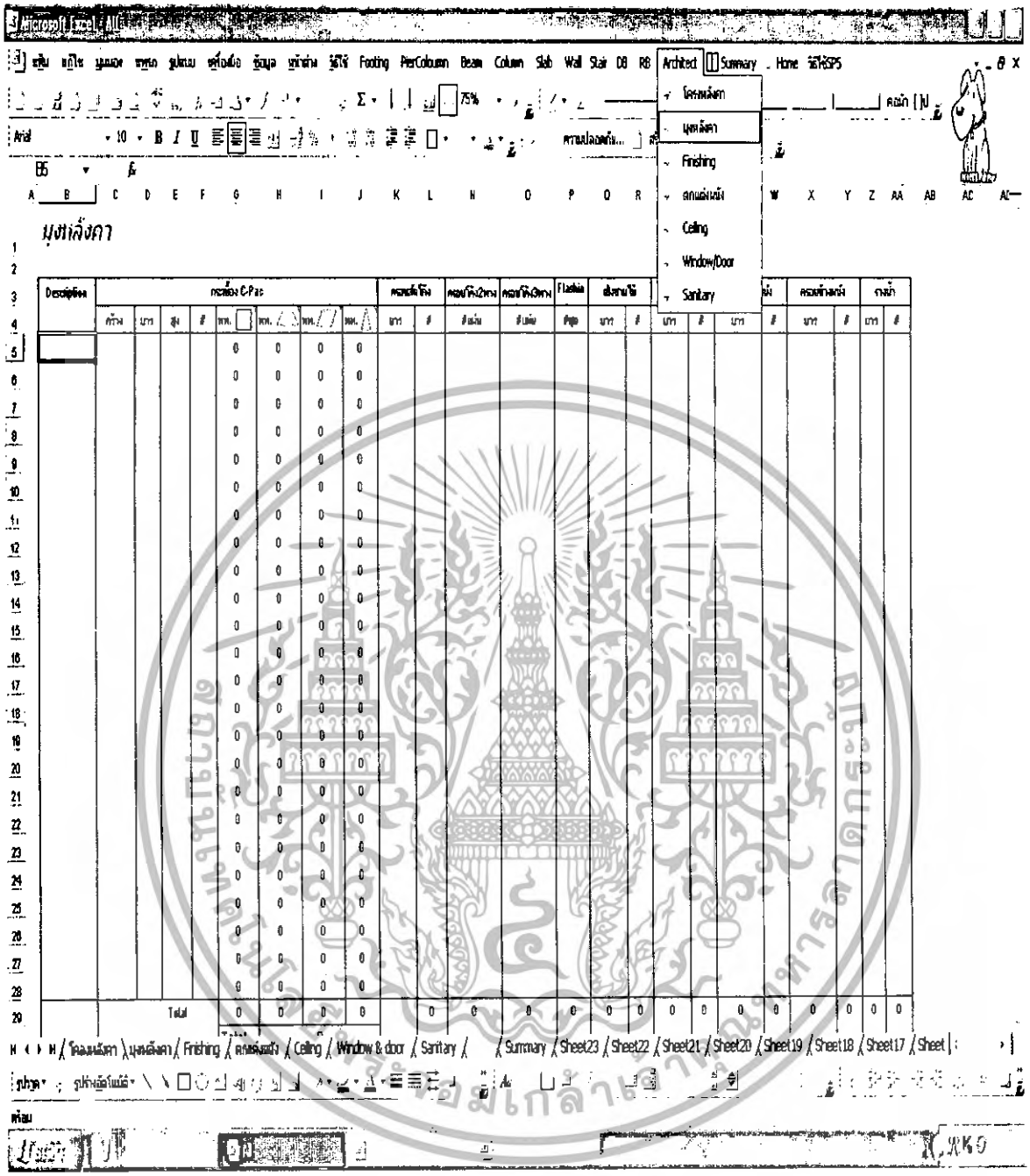
รูปที่ 6.32 Steel (RB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



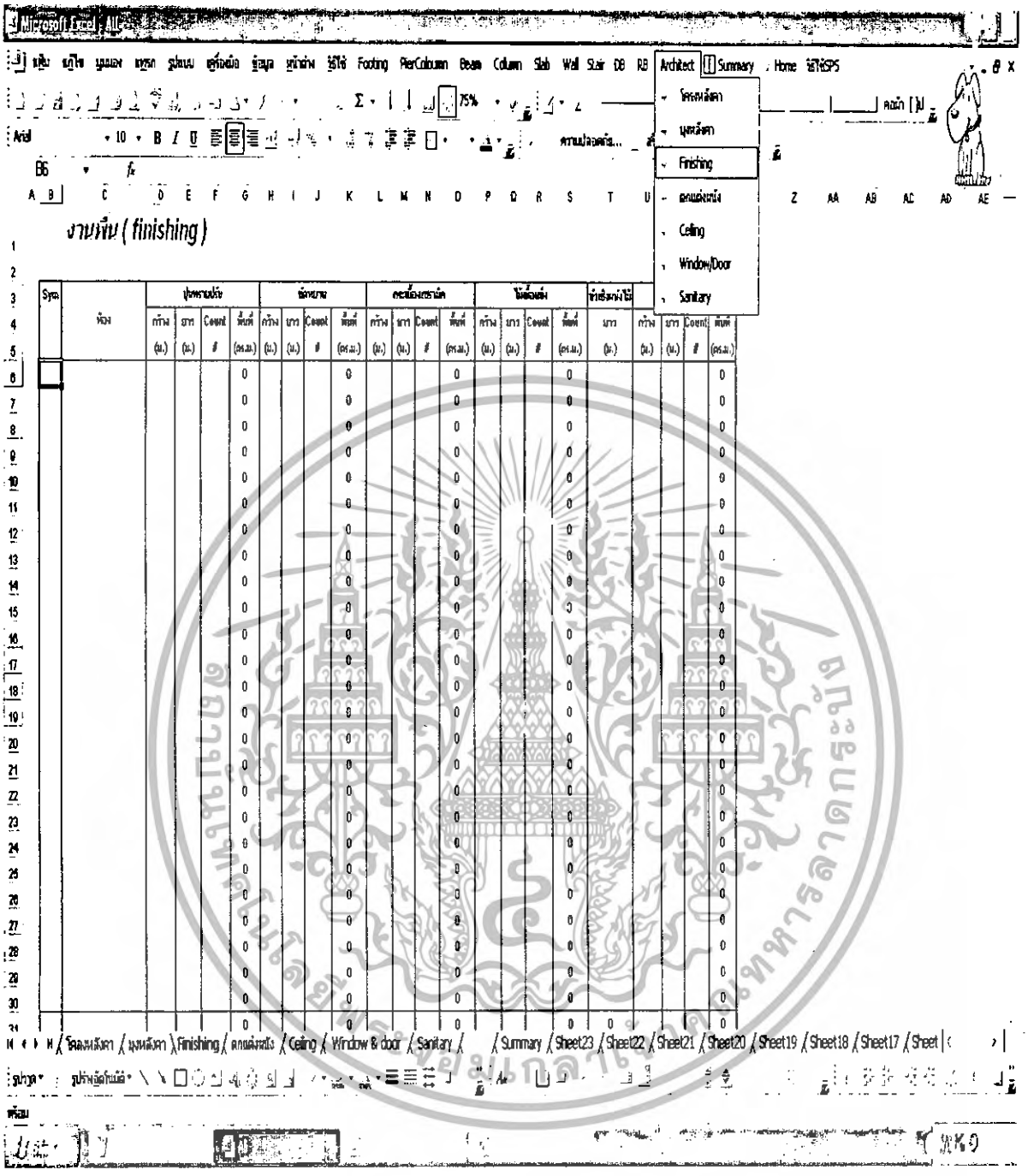
รูปที่ 6.33 โครงหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



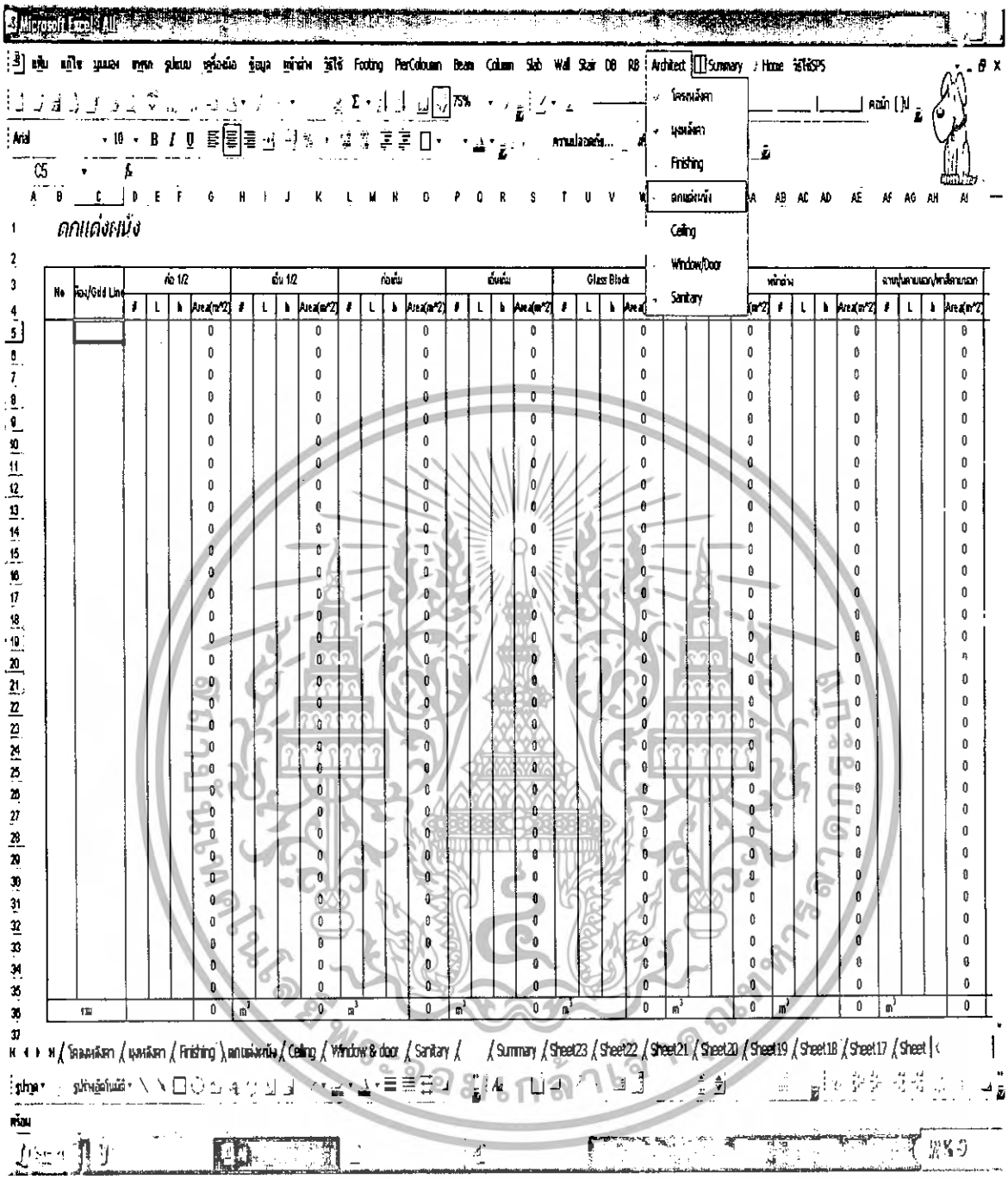
รูปที่ 6.34 มุมหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



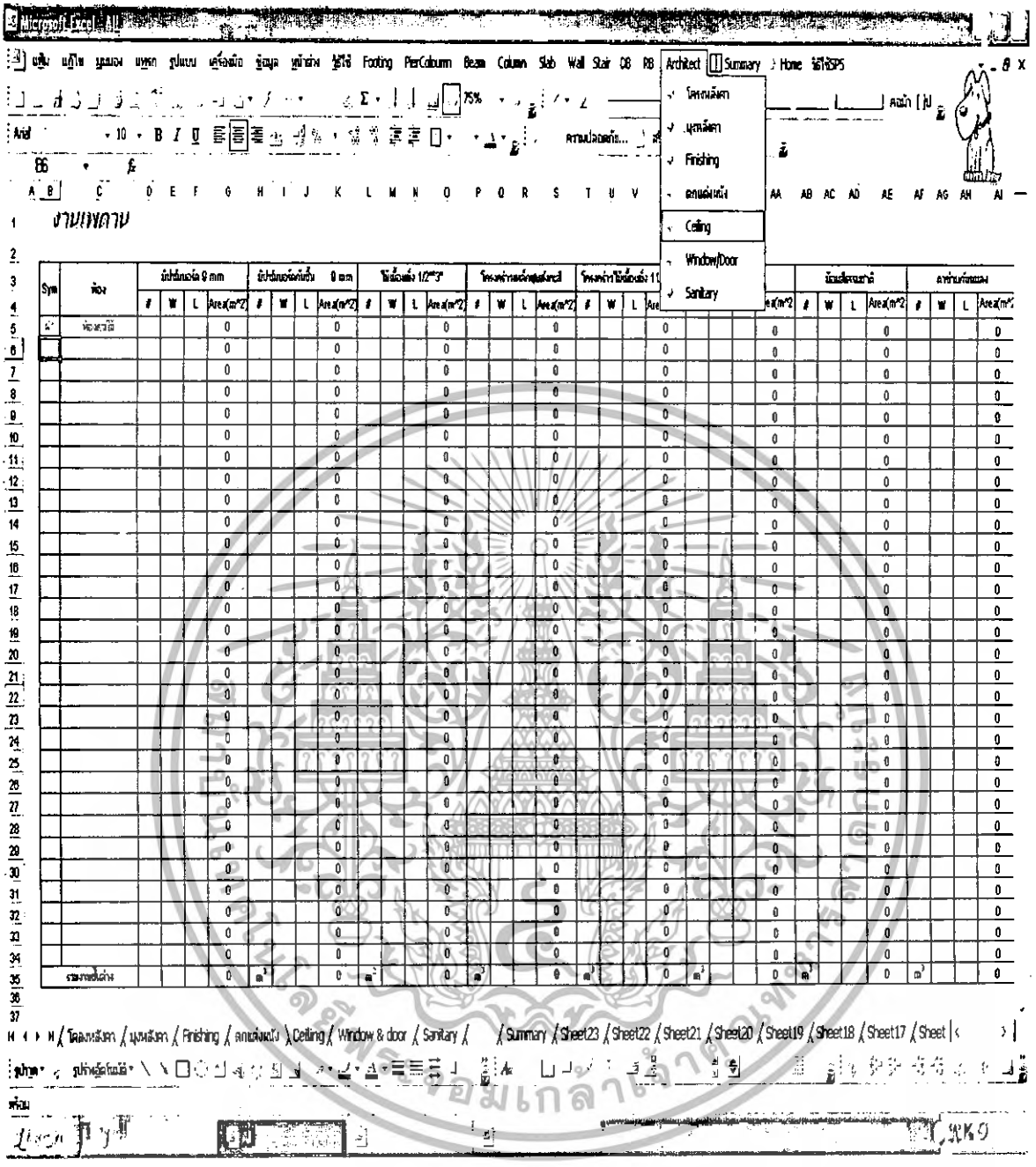
รูปที่ 6.35 Finishing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



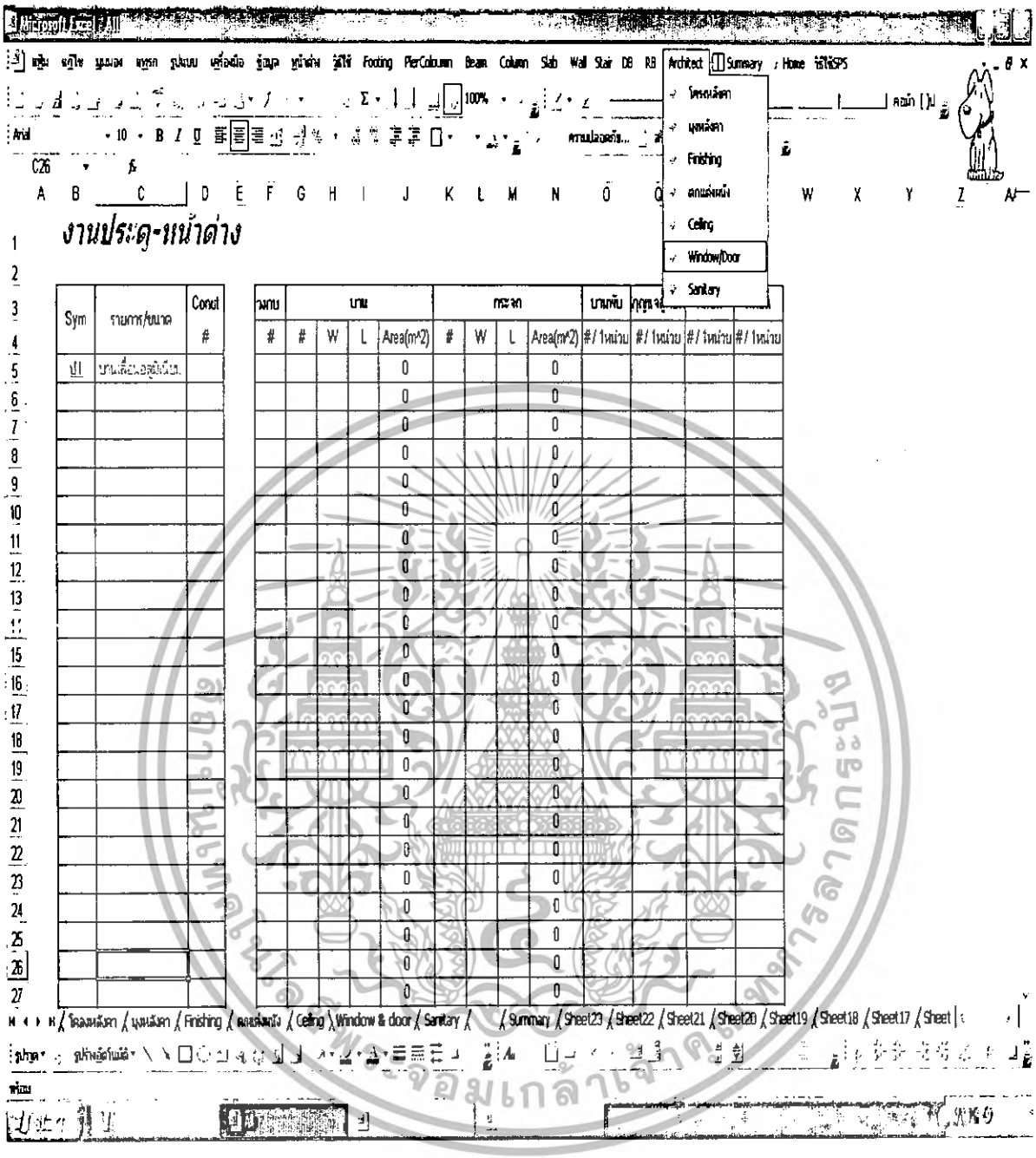
รูปที่ 6.36 ตกแต่งผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



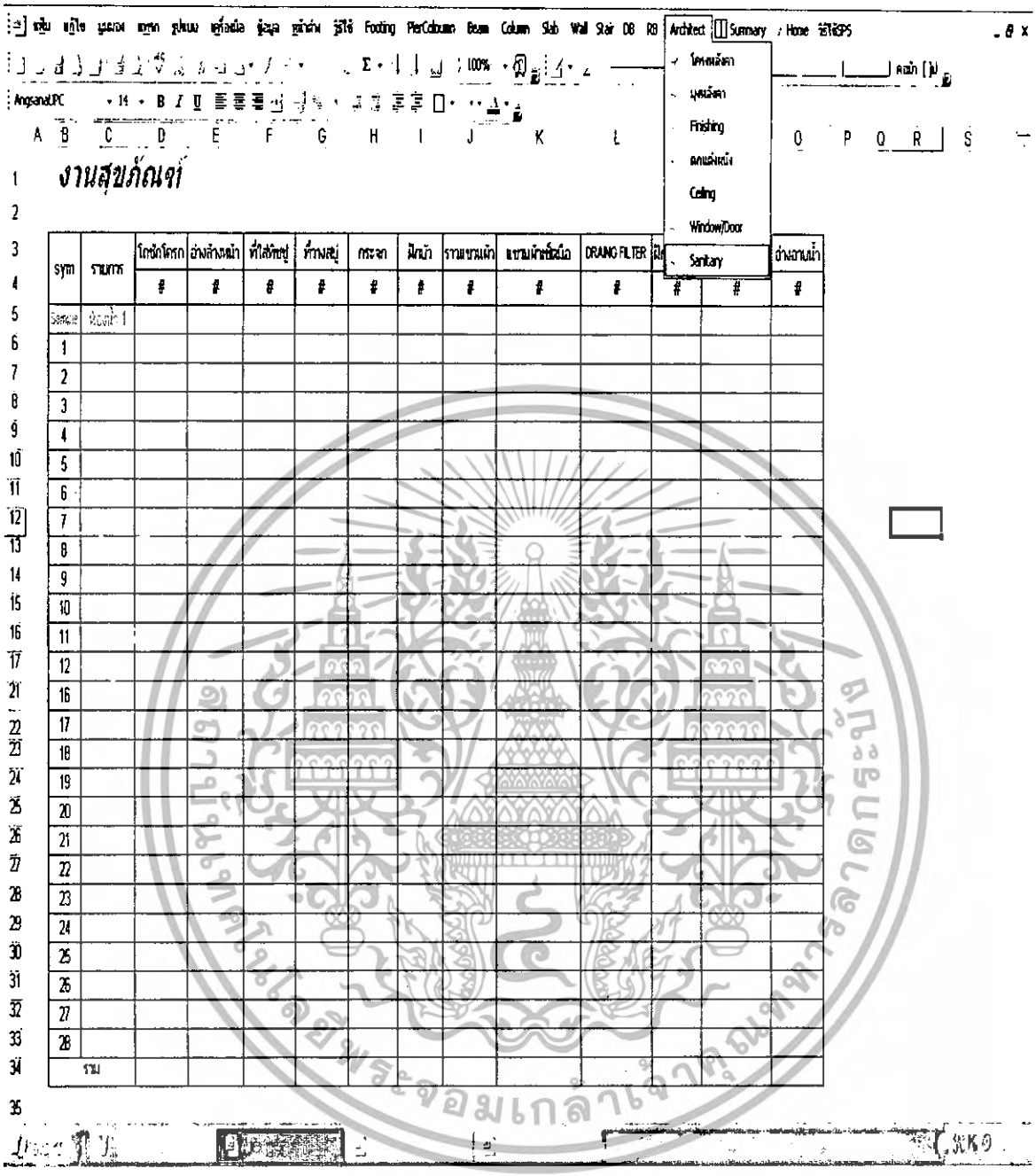
รูปที่ 6.37 Ceiling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



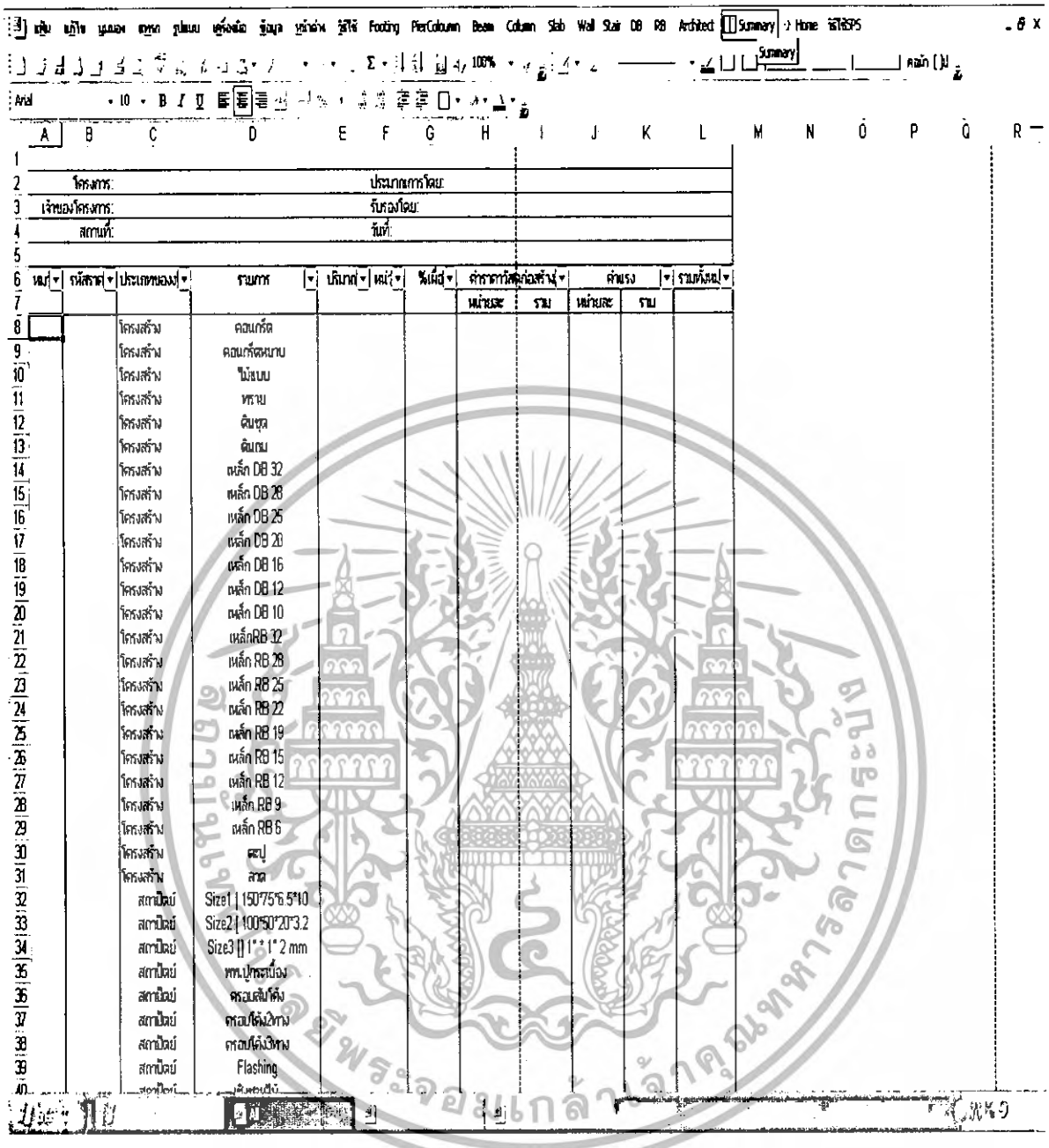
รูปที่ 6.38 Window & Door

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.39 Sanitary

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.40 Summary Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

ในการทำการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแบบงานก่อสร้าง มาตรฐานงานก่อสร้าง โปรแกรม Microsoft Excel รวมทั้งทฤษฎีการประมาณราคา เพื่อที่จะนำมาเป็นข้อมูลในการทำการวิจัย จากนั้นได้ทำการรวบรวมข้อมูลมาตรฐานงานก่อสร้างและข้อกำหนดต่างๆ เพื่อที่จะนำมาออกแบบและกำหนดค่าตัวแปรต่างๆที่จะใช้ในโปรแกรม หลังจากนั้นก็ได้ทำการสร้าง Format workup sheet , Format summary sheet, Format การถอดแบบ Bar cutting และ BOQ ทดสอบทำการป้อนค่าต่างที่ได้จากการประมาณราคาด้วยมือลงในโปรแกรมและทำการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม

โดยโปรแกรมจะสามารถคำนวณหาปริมาณดินขุด ดินถม คอนกรีต คอนกรีตหยาบ ไม้แบบ หาปริมาณเหล็กทั้งวิธีน้ำหนักและวิธี Bar-cutting list รวมถึงปริมาณวัสดุต่างๆ ในงานสถาปัตย์ได้เป็นอย่างดี โดยมีจุดเด่นอยู่ที่ใช้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว มีความยืดหยุ่นสูงต่อผู้ใช้งาน เพียงแค่ป้อนข้อมูลผลลัพธ์ก็ปรากฏออกมาให้ทันทีในหน้าต่างเดียวกัน ซึ่งจะช่วยทุ่นเวลาในการคำนวณเป็นอย่างมาก

อย่างไรก็ตามในการทำวิจัยก็พบข้อจำกัดบางอย่างของโปรแกรม คือ เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ออกแบบให้ใช้ในการคำนวณทั่วไป เมื่อนำมาใช้ในงานที่มีเงื่อนไขมากๆทำให้มีข้อจำกัดในการออกแบบ หลายประการ เช่น ทำให้ Cell มีขนาดใหญ่จึงไม่พอดีต่อการแสดงผลทางการพิมพ์

7.2 ข้อเสนอแนะ

โปรแกรมประมาณราคานี้ ได้จัดทำขึ้นมาถึงจุดหนึ่ง ซึ่งผู้จัดทำหวังไว้เป็นอย่างยิ่งว่า โครงงานพิเศษนี้ จะเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาโปรแกรมประมาณราคาต่อไป แต่ทั้งนี้เนื่องด้วยข้อจำกัดหลายๆด้าน ทำให้โครงงานนี้ ยังมีส่วนที่สามารถขยายขอบเขตการใช้งานให้มีประสิทธิภาพขึ้นไปมากกว่านี้ หากมีผู้สานต่อก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

1. เพิ่มฟังก์ชันให้มีความหลากหลายขึ้นเพื่อให้โปรแกรมมีความครบถ้วน สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
2. สร้างระบบฐานข้อมูลเชื่อมต่อกับ Internet จะทำให้ข้อมูลราคาวัสดุมีการ Update ขึ้น ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ในอนาคตอาจได้เห็นโปรแกรมพัฒนาขึ้นจนสามารถนำมาใช้งานได้อย่างกว้างขวาง
3. ควรทำการสำรวจความยากง่ายในการใช้โปรแกรมว่าผู้ใช้ได้รับความสะดวกแค่ไหนในการใช้โปรแกรมประมาณราคานี้
4. ทดสอบโปรแกรมกับโปรแกรมประมาณราคาที่เชื่อถือได้

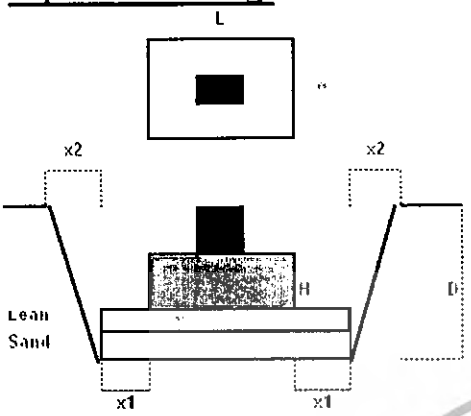
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแสดงการป้อนค่าในโปรแกรม

Square Footing



Sym	Count	Dimention (m.)			Pier (m.)		Excavation (m.)			Thick (m.)		Pile
	NO.	W	L	H	a	b	D	x1	x2	Sand	Lean	(set)
F1	7	0.40	1.00	0.30	0.20	0.20	1.30	0.20	0.60	0.08	0.08	0.00
Total ==>>>>												

Volume (m^3)					Area (m^2)	Pile
Exc.	Sand	lean	Conc.	Backf.	FW.	(set)
28.76	0.63	0.63	0.84	26.63	0.84	0
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
28.76	0.63	0.63	0.84	26.63	0.84	0

โปรแกรมประมาณราคางานฐานราก (Square Footing)

ป้อนค่ารายการในแถบสีเหลืองทั้งหมดแล้วจะได้ผลลัพธ์ในแถบสีฟ้า

ป้อนค่า สัญลักษณ์ (Sym) = F1

ป้อนค่า จำนวน (Count) = 7

ป้อนค่า ความกว้างฐานราก (W) = 0.40 m.

ป้อนค่า ความยาวฐานราก (L) = 1.00 m.

ป้อนค่า ความสูงฐานราก (H) = 0.30 m.

ป้อนค่า ความกว้างของหน้าตัดเสา (a) = 0.20 m.

ป้อนค่า ความยาวของหน้าตัดเสา (b) = 0.20 m.

ป้อนค่า ความลึกของดินขุด (D) = 1.30 m.

ป้อนค่า ระยะเผื่อด้านล่างของดินขุด (X1) = 0.20 m.

ป้อนค่า ระยะเผื่อด้านบนของดินขุด (X2) = 0.60 m.

ป้อนค่า ความหนาของทราย (Sand) = 0.08 m

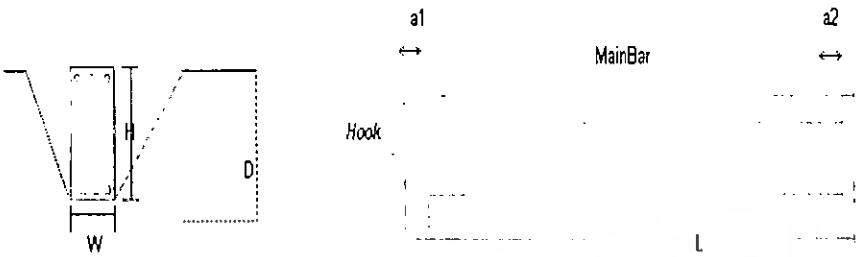
ป้อนค่า ความหนาของคอนกรีตหยาบ (Lean) = 0.08 m.

ป้อนค่า จำนวนเสาเข็ม (Pile) = 0

จะได้ผลการประมาณราคา คือ ปริมาตรดินขุด = 28.76 ลูกบาศก์เมตร ปริมาตรทราย = 0.63 ลูกบาศก์เมตร ปริมาตรคอนกรีตหยาบ = 0.63ลูกบาศก์เมตร ปริมาตรคอนกรีต=0.84 ลูกบาศก์เมตร ปริมาตรดินถม=26.63 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณไม้แบบ= 0.84 ลูกบาศก์เมตร จำนวนเสาเข็ม = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Simple Beam ชั้นที่ 1



Sym.	Count	Size of Beam (m)			Excavation			Column Distance		Thick (m)	
	(No.)	Width	Height	Length	D	x1	x2	a1	a2	sand	lean
B2	4.00	0.20	0.50	3.00	0.30	0.20	0.50	0.20	0.20	0.08	0.08
Total											

Volume (m^3)					Area(m^2)	
Exc.	Sand	Lean.	Conc.	Backfill	Fromwork	Plastic
3.83	0.33	0.33	1.12	3.02	2.80	7.68
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.83	0.33	0.33	1.12	3.02	2.80	7.68

โปรแกรมประมาณราคางานคาน (Simple Beam)

ป้อนค่า สัญลักษณ์ (Sym) = B2

ป้อนค่า จำนวน (Count) = 4

ป้อนค่า ความกว้างคาน (W) = 0.20 m.

ป้อนค่า ความยาวคาน (L) = 0.50 m.

ป้อนค่า ความสูงคาน (H) = 3.00 m.

ป้อนค่า ความกว้างของหน้าตัดเสา (a) = 0.20 m.

ป้อนค่า ความยาวของหน้าตัดเสา (b) = 0.20 m.

ป้อนค่า ความลึกของดินขุด (D) = 0.30 m.

ป้อนค่า ระยะเผื่อด้านล่างของดินขุด (X1) = 0.20 m.

ป้อนค่า ระยะเผื่อด้านบนของดินขุด (X2) = 0.60 m.

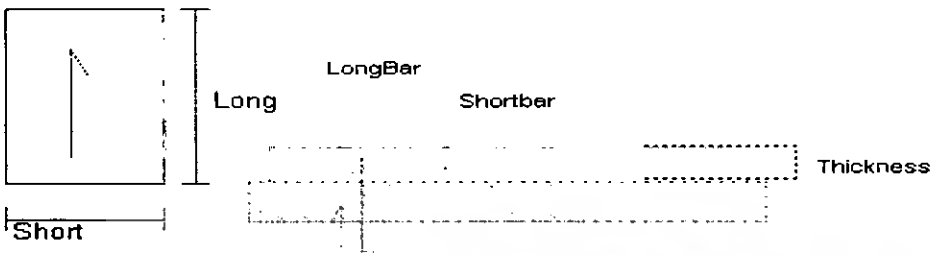
ป้อนค่า ความหนาของทราย (Sand) = 0.08 m

ป้อนค่า ความหนาของคอนกรีตหยาบ (Lean) = 0.08 m.

จะได้ผลการประมาณราคา คือ ปริมาตรดินขุด = 3.83 ลูกบาศก์เมตร ปริมาตรทราย = 0.33 ลูกบาศก์เมตร ปริมาตรคอนกรีตหยาบ = 0.33 ลูกบาศก์เมตร ปริมาตรคอนกรีต=1.12 ลูกบาศก์เมตร ปริมาตรดินถม=3.02 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณไม้แบบ= 0.28 ลูกบาศก์เมตร จำนวนเสาเข็ม = 0 พลาสติก = 7.68 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ground Slab ชั้น1



sym	Count	Short	Long	Thickness
S1	4	3.00	5.00	0.10
Total				

Concrete	Fromwork
6.00	1.60
0.00	0.00
0.00	0.00
6.00	1.60

โปรแกรมประมาณราคางานพื้น (Ground Slab)

ป้อนค่า สัญลักษณ์ (Sym) = S1

ป้อนค่า จำนวน (Count) = 4

ป้อนค่า ความกว้างพื้น (Short) = 0.20 m.

ป้อนค่า ความยาวพื้น (Long) = 0.50 m.

ป้อนค่า ความหนาพื้น (Thickness) = 3.00 m.

ได้ผลการประมาณราคาตามตารางด้านขวา คือ ปริมาตรคอนกรีต=6.00 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณไม้แบบ=1.60 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตกแต่งพื้นชั้น1

sym	ห้อง/Grid Line	ปูนทรายปรับระดับ					พื้น คสล.ผิวขัดหยาบ					กระเบื้องเซรามิก				
		L	x	H	#	Area	L	x	H	#	Area	L	x	H	#	Area
ท2	ห้องครัว	3	x	3	1	9.00	3	x	3	1	9.00	3	x	3	1	9.00
รวม						9.00	m^2				9.00	m^2				9.00

โปรแกรมประมาณราคางานพื้น

ป้อนค่า สัญลักษณ์ (Sym) = ท2

ป้อนค่า รายละเอียด (ห้อง/Grid Line) = ห้องครัว

ปูนทรายปรับระดับ

ความยาว=3 m.

ความหนา=3 m.

จำนวน=1

พื้น คสล. ผิวขัดหยาบ

ความยาว=3 m.

ความหนา=3 m.

จำนวน=1

กระเบื้องเซรามิค

ความยาว=3 m.

ความหนา=3 m.

จำนวน=1

ได้ผลการประมาณราคาดังนี้

พื้นที่ปูนทรายปรับระดับ = 9.00 ตารางเมตร

พื้นที่ พื้นคสล. ผิวขัดหยาบ= 9.00 ตารางเมตร

พื้นที่กระเบื้องเซรามิค= 9.00 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กรภัทร์ สุทธิดารา และ สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร, 2544. พิมพ์ครั้งที่ 1. Basic & Advance Excel 2002. นนทบุรี: สำนักพิมพ์ อินโฟร์เพรส.
- ชุญาดา เส้งโสดะ, 2547. สูตรและฟังก์ชัน Excel. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ไอซีดี อินโฟ ดีสทริบิวเตอร์ เซนเตอร์ จำกัด.
- ทิพย์วรรณ อมรชัยทรัพย์, 2545. Microsoft Excel 2002. กรุงเทพมหานคร: บริษัท เฟิส์ท แปซิฟิก (ดอกหญ้า) จำกัด.
- พิภพ สุนทรสมัย, 2529. เทคนิคการสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย — ญี่ปุ่น.
- วิบูลย์ วุฒิญาณ, เอกสารประกอบการสอนวิชาการประมาณราคางานก่อสร้าง. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2517. มาตรฐานอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก. กรุงเทพมหานคร : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้