การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีต ระหว่างวิธีระเบียนการดัดเหล็ก และวิธีประมาณการของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2540

The Comparative Study of Steel Reinforcement Quantity Measurement Between Bar Bending Schedule Method and Estimated Method of The Engineering Institute of Thailand (1997)

นายสมบูรณ์ พัฒนมหาจริญ

Mr. Somboon Pattanamahajaroen

วัน เดือน ปี 16 ต.ค. 2541
เลขทะเบียน 039018
เลขเรียกหนังสือ T 10259 ส 2540

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

039018

THE COMPARATIVE STUDY OF STEEL REINFORCEMENT QUANTITY MEASUREMENT BETWEEN BAR BENDING SCHEDULE METHOD AND ESTIMATED METHOD OF THE ENGINEERING INSTITUTE OF THAILAND (1998)

MR.SOMBOON PATTANAMAHAJAROEN

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

.....

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตระหว่างวิธีระเบียนการดัดเหล็กและวิธีประมาณการของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2540

THE COMPARATIVE STUDY OF STEEL REINFORCEMENT QUANTITY MEASUREMENT BETWEEN BAR BENDING SCHEDULE METHOD AND ESTIMATED METHOD OF THE ENGINEERING INSTITUTE OF THAILAND (1998)

นักศึกษา นายสมบูรณ์ พัฒนมหเจริญ **รหัสประจำตัว** 37014457

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต **สาขา** วิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ดร.แดง เหรียญสุวรรณ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ		ลายมือชื่อ
ผศ. ดร.แดง	เหรียญสุวรรณ	.....
ดร.ศรีกริช	หิรัญมาศ	.....
อาจารย์วิบูลย์	วุฒิญาณ	.....
อาจารย์สมชาย	สำลีรางค์กูล	.....
อาจารย์สมเกียรติ	ขวัญพฤกษ์	.....

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

.....

(ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ เดือน พ.ศ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตระหว่างวิธีระเบียนการดัดเหล็กและวิธีประมาณการของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2540
นักศึกษา	นายสมบูรณ์ พัฒนมหเจริญ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร.แดง เหรียญสุวรรณ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2540

บทคัดย่อ

ปัจจุบันทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยได้มีการกำหนดแนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคารขึ้น เพื่อเป็นแนวทางสำหรับวิธีการวัดปริมาณงานที่มีรูปแบบแน่นอน สำหรับปริมาณงานในหมวดเหล็กเสริมคอนกรีตก็เป็นส่วนหนึ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อราคาโครงสร้าง และยากที่จะคำนวณถอดปริมาณให้ถูกต้องแน่นอน จึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างวิธีการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตโดยวิธีประมาณการของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยกับวิธีการทำระเบียนการดัดเหล็ก เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการวัดปริมาณงานของเหล็กเสริมคอนกรีต และเพื่อเพิ่มความมั่นใจในการวัดปริมาณงานของเหล็กเสริมคอนกรีตโดยวิธีประมาณการจากการศึกษาพบว่าการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตโดยวิธีประมาณการนั้น โดยส่วนใหญ่แล้วทุกส่วนของโครงสร้างจะมีเปอร์เซ็นต์ของปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตมากกว่าวิธีระเบียนการดัดเหล็กประมาณ 5 – 15 % เมื่อเทียบกับวิธีระเบียนการดัดเหล็กที่ยังไม่รวมถึงเศษเหล็กจากการตัด ยกเว้นวิธีคำนวณปริมาณเหล็กตอม่อและเหล็กเสาให้ปริมาณเหล็กโดยวิธีประมาณการน้อยกว่าวิธีระเบียนการดัดเหล็กควรที่จะมีการปรับแก้ต่อไป จากกรณีศึกษาจำนวน 3 อาคาร พบว่าปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตรวมทั้งอาคารที่วัดโดยวิธีประมาณการจะมากกว่าวิธีระเบียนการดัดเหล็กซึ่งไม่รวมถึงปริมาณเศษเหล็กที่เกิดจากการตัดประมาณ 5 % เมื่อเทียบกับวิธีระเบียนการดัดเหล็ก

Abstract

Nowadays, The Engineering Institute of Thailand issued Quantity Measurement Standard for Building to standardized Quantity Measurement Methods. The steel reinforcement quantity is the factor of the structure's cost and hard calculate the exact quantity. To compare the Bar Bending Schedule Method and Estimated Method of the Engineering Institute of Thailand (1997) for study the factors of steel reinforcement measurement, confide in Estimated Method. From the study found that the quantity from Estimated Method is more than the Bar Bending Schedule Method about 5 – 15 % of Bar Bending Schedule Method, except the measurement of piers and columns 's steel reinforcement. The total quantity of building from Estimated Method is more than the Bar Bending Schedule Method that exclude the lost fractions about 5 %.of Bar Bending Schedule Method.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขออาราธนาคุณพระศรีรัตนตรัย จงดลบันดาลความสุข ความเจริญ และสุขภาพที่แข็งแรงแก่ทุก ๆ ท่านที่ได้มีส่วนร่วมช่วยเหลือในการทำโครงงานพิเศษชิ้นนี้จนประสบความสำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณบุคคลและหน่วยงานต่อไปนี้

ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาผู้คอยกระตุ้นเตือนและชี้แนะแนวทางเสมอมา

อาจารย์สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ให้แนวทางในการทำโครงงานชิ้นนี้และคอยช่วยเหลือตลอดเวลาการทำงาน

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษตลอดจนอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยชี้แนะและให้ข้อมูลในการทำโครงงานพิเศษนี้

เจ้าหน้าที่การทางพิเศษทั้งในกองบำรุงฝ่ายบำรุงรักษาและกองพัฒนาบุคคลที่ช่วยเอื้อเฟื้อข้อมูลและกำลังใจในการทำโครงงานพิเศษนี้

บิดา มารดา ที่ให้ทุนและกำลังใจในการทำโครงงานนี้

ขอบคุณน้อง ๆ ชมรมซอฟท์บอลทุกคนที่ช่วยงาน น้องส้มที่เอื้อเฟื้อ computer และกำลังใจเสมอมา

นายสมบูรณ์ พัฒนมหเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

กิตติกรรมประกาศ

สารบัญ

สารบัญรูปและตาราง

บทที่ 1 บทนำ

- ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
- วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ 1
- ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงงานพิเศษ 2
- ขอบเขตของโครงงานพิเศษ 4
- ผลที่คาดว่าจะได้รับ 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและการวิเคราะห์เบื้องต้น

- ฐานราก 6
- ตอม่อ 23
- เสา 29
- คาน 37
- พื้น 67
- บันได 85

บทที่ 3 กรณีศึกษา

- อาคารที่ 1 99
- อาคารที่ 2 123
- อาคารที่ 3 145

บทที่ 4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

- บทสรุปของการวิจัย 167
- ข้อเสนอแนะ 168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม 169

ภาคผนวก 170

การวัดปริมาณงานเหล็กเสริมคอนกรีต:วสท.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1.1	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กตะแกรงฐานราก	6
รูปที่ 2.1.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวฐานรากกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กตะแกรงฐานราก	11
รูปที่ 2.1.3	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กตะกร้อฐานราก	12
รูปที่ 2.1.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวฐานรากกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กตะกร้อฐานราก สำหรับฐานรากหนา 0.5 เมตร	16
รูปที่ 2.1.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวฐานรากกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กตะกร้อฐานรากสำหรับฐานรากหนา 1.0 เมตร	17
รูปที่ 2.1.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวฐานรากกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กตะกร้อฐานรากสำหรับฐานรากหนา 1.5 เมตร	18
รูปที่ 2.1.7	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กรัดรอบฐานราก	19
รูปที่ 2.1.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นรอบรูปฐานรากกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กรัดรอบฐานราก	22
รูปที่ 2.2.1	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กยืนตอม่อ	23
รูปที่ 2.2.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเหล็กกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กยืนตอม่อ	24
รูปที่ 2.2.3	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กยืนตอม่อต่อแบบประมาณ	25
รูปที่ 2.2.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าขนาดเหล็กกับ%ผลต่างของเหล็กยืนตอม่อ	28
รูปที่ 2.3.1	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กยืนเสาแบบระเบียนการดัดเหล็ก	29
รูปที่ 2.3.2	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กยืนเสาแบบประมาณการ	30
รูปที่ 2.3.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเหล็กกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กยืนเสา	32
รูปที่ 2.3.4	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กปลอก	33
รูปที่ 2.3.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นรอบรูปกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กปลอก	36
รูปที่ 2.4.1	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กเสริมของคานช่วงเดี่ยว	38
รูปที่ 2.4.2	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กเสริมของคานต่อเนื่อง 2 ช่วง	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		หน้า
รูปที่ 2.4.3	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กเสริมของคานต่อเนื่อง 3 ช่วง	39
รูปที่ 2.4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงของเสากับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมหลักคานช่วงเดี่ยว	45
รูปที่ 2.4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงของเสากับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมหลักคานต่อเนื่อง 2 ช่วง	46
รูปที่ 2.4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงของเสากับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมหลักคานต่อเนื่อง 3 ช่วง	47
รูปที่ 2.4.7	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กเสริมพิเศษแบบระเบียนการดัดเหล็ก	48
รูปที่ 2.4.8	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กเสริมพิเศษแบบประมาณการ	50
รูปที่ 2.4.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงของเสากับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพิเศษคานช่วงเดี่ยว	57
รูปที่ 2.4.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงของเสากับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพิเศษคานต่อเนื่อง 2 ช่วง	58
รูปที่ 2.4.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงของเสากับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพิเศษคานต่อเนื่อง 3 ช่วง	59
รูปที่ 2.4.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงของเสากับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคานช่วงเดี่ยว	64
รูปที่ 2.4.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงของเสากับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคานต่อเนื่อง 2 ช่วง	65
รูปที่ 2.4.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงของเสากับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคานต่อเนื่อง 3 ช่วง	66
รูปที่ 2.5.1	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กเสริมพื้นทางเดียวแบบระเบียนการดัดเหล็ก	67
รูปที่ 2.5.2	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กเสริมพื้นทางเดียวแบบประมาณการ	68
รูปที่ 2.5.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพื้นทางเดียว	70
รูปที่ 2.5.4	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กพื้นสองทาง	71
รูปที่ 2.5.5	แสดงรูปตัดของพื้นสองทาง Section 1-1	72
รูปที่ 2.5.6	แสดงรูปตัดของพื้นสองทาง Section 2-2	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		หน้า
รูปที่ 2.5.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพื้นสองทาง เมื่อ S / L = 1	83
รูปที่ 2.5.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพื้นสองทาง เมื่อ S / L = ½	84
รูปที่ 2.6.1	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กเสริมบันไดแบบประมาณการ	88
รูปที่ 2.6.2	แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กเสริมบันไดแบบระเบียนการดัดเหล็ก	89
รูปที่ 2.6.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมบันได เมื่อระยะห่างของเหล็กเสริมหลักล่าง = 0.10 เมตร	96
รูปที่ 2.6.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมบันได เมื่อระยะห่างของเหล็กเสริมหลักล่าง = 0.15 เมตร	97
รูปที่ 2.6.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมบันได เมื่อระยะห่างของเหล็กเสริมหลักล่าง = 0.20 เมตร	98
รูปที่ 3.1.1	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเฉลี่ยของเหล็กเสริมฐานราก	100
รูปที่ 3.1.2	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมตอม่อ	102
รูปที่ 3.1.3	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กปลอก	104
รูปที่ 3.1.4	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมเสา	105
รูปที่ 3.1.5	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมคาน	107
รูปที่ 3.1.6	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมพื้นทางเดียวในระบบพื้น-คาน	109
รูปที่ 3.1.7	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมพิเศษ	110
รูปที่ 3.1.8	แสดงระยะการคำนวณเหล็กเสริมบันได	111
รูปที่ 3.2.1	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเฉลี่ยของเหล็กเสริมฐานราก	123
รูปที่ 3.2.2	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมตอม่อ	125
รูปที่ 3.2.3	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กปลอก	127
รูปที่ 3.2.4	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมเสา	128
รูปที่ 3.2.5	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมคาน	130
รูปที่ 3.2.6	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมพื้นในระบบพื้น-คาน	132
รูปที่ 3.2.7	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมบันได	134
รูปที่ 3.3.1	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเฉลี่ยของเหล็กเสริมฐานราก	145
รูปที่ 3.3.2	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมตอม่อ	147

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 3.3.3	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กปลอก	149
รูปที่ 3.3.4	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมเสา	150
รูปที่ 3.3.5	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมคาน	152
รูปที่ 3.3.6	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมพื้นในระบบพื้น-คาน	154
รูปที่ 3.3.7	แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมบันได	156

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1.1	แสดงปริมาณเหล็กตะแกรงของฐานราก	10
ตารางที่ 2.1.2	แสดงปริมาณเหล็กตะกร้อฐานราก	15
ตารางที่ 2.1.3	แสดงปริมาณเหล็กรัดรอบฐานราก	21
ตารางที่ 2.2.1	แสดงปริมาณเหล็กยืนตอม่อ	27
ตารางที่ 2.3.1	แสดงปริมาณเหล็กยืนเสา	27
ตารางที่ 2.3.2	แสดงปริมาณเหล็กปลอก	35
ตารางที่ 2.4.1	แสดงปริมาณเหล็กเสริมหลักคานของคานช่วงเดี่ยว	42
ตารางที่ 2.4.2	แสดงปริมาณเหล็กเสริมหลักคานของคานต่อเนื่อง 2 ช่วง	43
ตารางที่ 2.4.3	แสดงปริมาณเหล็กเสริมหลักคานของคานต่อเนื่อง 3 ช่วง	44
ตารางที่ 2.4.4	แสดงปริมาณเหล็กเสริมพิเศษของคานช่วงเดียว	54
ตารางที่ 2.4.5	แสดงปริมาณเหล็กเสริมพิเศษของคานต่อเนื่อง2ช่วง	55
ตารางที่ 2.4.6	แสดงปริมาณเหล็กเสริมพิเศษของคานต่อเนื่อง3ช่วง	56
ตารางที่ 2.4.7	แสดงปริมาณเหล็กเสริมของคานช่วงเดียว	61
ตารางที่ 2.4.8	แสดงปริมาณเหล็กเสริมของคานต่อเนื่อง2ช่วง	62
ตารางที่ 2.4.9	แสดงปริมาณเหล็กเสริมของคานต่อเนื่อง3ช่วง	63
ตารางที่ 2.5.1	แสดงปริมาณเหล็กเสริมพื้นทางเดียว เมื่อ S / L = 1	69
ตารางที่ 2.5.2	แสดงปริมาณเหล็กเสริมพื้นทางเดียว เมื่อ S / L = ½	69
ตารางที่ 2.5.3	แสดงปริมาณเหล็กเสริมพื้นสองทาง เมื่อ S / L = 1	82
ตารางที่ 2.5.4	แสดงปริมาณเหล็กเสริมพื้นสองทาง เมื่อ S / L = ½	82
ตารางที่ 2.6.1	แสดงหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้	85
ตารางที่ 2.6.2	แสดงความยาวของระยะฝังของเหล็กเสริมรับแรงอัดและแรงดึง	86
ตารางที่ 2.6.3	แสดงปริมาณเหล็กเสริมบันได เมื่อระยะห่างของเหล็กเสริมหลักล่าง = 0.10 เมตร	93
ตารางที่ 2.6.4	แสดงปริมาณเหล็กเสริมบันได เมื่อระยะห่างของเหล็กเสริมหลักล่าง = 0.15 เมตร	94
ตารางที่ 2.6.5	แสดงปริมาณเหล็กเสริมบันได เมื่อระยะห่างของเหล็กเสริมหลักล่าง = 0.20 เมตร	95
ตารางที่ 3.1.1	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมของอาคารที่ 1	114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1.2	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมฐานรากของอาคารที่ 1	115
ตารางที่ 3.1.3	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมเสาของอาคารที่ 1	116
ตารางที่ 3.1.4	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กปลอกเสาของอาคารที่ 1	117
ตารางที่ 3.1.5	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคานโดยไม่รวมเหล็กปลอกของอาคารที่ 1	118
ตารางที่ 3.1.6	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กปลอกคานอาคารที่ 1	119
ตารางที่ 3.1.7	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพื้นในระบบ พื้น-คานของอาคารที่ 1	120
ตารางที่ 3.1.8	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพื้นในระบบพื้นไร้คานของอาคารที่ 1	121
ตารางที่ 3.1.9	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมบันไดของอาคารที่ 1	122
ตารางที่ 3.2.1	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมของอาคารที่ 2	137
ตารางที่ 3.2.2	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมฐานรากของอาคารที่ 2	138
ตารางที่ 3.2.3	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมเสาและไม่รวมเหล็กปลอกของอาคารที่ 2	139
ตารางที่ 3.2.4	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กปลอกเสาของอาคารที่ 2	140
ตารางที่ 3.2.5	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคานไม่รวมเหล็กปลอกของอาคารที่ 2	141
ตารางที่ 3.2.6	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กปลอกของคานของอาคารที่ 2	142
ตารางที่ 3.2.7	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพื้นของอาคารที่ 2	143
ตารางที่ 3.2.8	แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมบันไดของอาคารที่ 2	144

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

ตารางที่ 3.3.1 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมของอาคารที่ 3 159

ตารางที่ 3.3.2 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมฐานรากของอาคารที่ 3 160

ตารางที่ 3.3.3 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมเสาไม่รวมเหล็กปลอกของอาคารที่ 3 161

ตารางที่ 3.3.4 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กปลอกเสาของอาคารที่ 3 162

ตารางที่ 3.3.5 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคานไม่รวมเหล็กปลอกของอาคารที่ 3 163

ตารางที่ 3.3.6 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กปลอกของคานของอาคารที่ 3 164

ตารางที่ 3.3.7 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพื้นของอาคารที่ 3 165

ตารางที่ 3.3.8 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมบันไดของอาคารที่ 3 166

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวัดปริมาณงานเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการวางแผนและดำเนินงานของงานอาคาร ตั้งแต่ขั้นตอนแรกสุดของการประมาณราคาจนถึงการเสร็จสิ้นของงานและตลอดจนถึงการจ่ายเงินงวดสุดท้ายของโครงการ ด้วยเหตุนี้ทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยจึงได้กำหนดแนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้างขึ้น เพื่อเป็นแนวทางสำหรับวิธีการวัดงานอาคารที่มีรูปแบบที่แน่นอน รวมทั้งแนวทางปฏิบัติที่ถูกต้องในการวัดปริมาณ สำหรับแนวทางในการวัดปริมาณงานอาคารในหมวดเหล็กเสริมคอนกรีตนับเป็นหมวดงานที่มีวิธีการวัดปริมาณที่นำเสนอขึ้นใหม่ที่มีแนวทางการวัดแบบประมาณการที่มีลักษณะเฉพาะ จึงควรทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างวิธีการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตแบบประมาณการนี้กับวิธีการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตแบบระเบียนการดัดเหล็ก เพื่อเปรียบเทียบถึงผลของปริมาณเหล็กที่วัดได้ และปัจจัยที่มีผลต่อการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตทั้ง 2 วิธี

วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

จากปัญหาที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น จึงได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจัดทำโครงงานพิเศษนี้ขึ้นโดยจะมุ่งเน้นไปที่ การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการวัดปริมาณงานเหล็กเสริมคอนกรีตโดยการทำระเบียนดัดเหล็ก (Bar Bending Schedule) กับการวัดปริมาณโดยวิธีประมาณการของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2540 โดยมีวัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบระหว่างปริมาณของเหล็กเสริมคอนกรีตจากการวัดปริมาณของวิธีการวัดทั้งวิธีแบบประมาณการและวิธีระเบียนการดัดเหล็ก
2. เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตของทั้ง 2 วิธี
3. เพื่อนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการปรับแก้ปริมาณจากการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในโครงงานพิเศษ

วิธีการวัดปริมาณเหล็กเสริมที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันมี 2 แบบคือ

1. การวัดปริมาณโดยการทำระเบียนการดัดเหล็ก
2. การวัดปริมาณโดยวิธีประมาณการ

โดยแต่ละวิธีการมีแนวคิดดังนี้

1.การวัดปริมาณโดยการทำระเบียนการดัดเหล็ก

การคำนวณน้ำหนักของเหล็กเสริม จะต้องวัดจากความยาวสุทธิที่ปรากฏในแบบรูปโดยคำนวณน้ำหนักจากน้ำหนักระบุต่อหน่วย (Nominal unit mass) ของแต่ละหน้าตัดของเหล็กเส้นและยอมให้คำนึงถึงส่วนของเหล็กเส้นที่ทาบต่อกันและส่วนที่ดัดหรืองอขอ แต่ไม่อนุญาตให้คำนึงถึงเศษของการตัดหรือน้ำหนักในส่วนของขารับเหล็กจัดระยะ hanger ตัวยึดลวดผูกเหล็กหรืออื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อยึดเหล็กเสริมให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ

2.การวัดปริมาณโดยวิธีประมาณการ

การวัดเนื้องานให้คิดตามแบบที่แสดงไว้ โดยวัดปริมาณเป็นน้ำหนัก (ระยะงอ ระยะขอ ระยะทาบ การเผื่อเศษเสียหายให้เป็นเปอร์เซ็นต์ตามขนาดเหล็กตามตารางอัตราเปอร์เซ็นต์ปริมาณเหล็กเพิ่ม) โดยแยกรายระเอียดตามประเภทของโครงสร้างดังนี้

2.1 ความยาวเหล็กปลอกหรือเหล็กรัดรอบที่คล้ายเหล็กปลอก ให้คิดตามรูปตัดที่แสดงในแบบ โดยวัดระยะจากผิวคอนกรีตถึงผิวคอนกรีต

2.2 จำนวนเหล็กปลอกให้หาเฉลี่ยจากระยะที่แสดงในแบบ หรือตลอดความยาวเหล็กเสริมหลัก (Main) (ถ้าแบบไม่ได้ชี้เฉพาะ)

2.3 ความยาวและเหล็กเสริมพิเศษ ให้คิดตามที่แสดงในแบบ

2.4 ความยาวและเหล็กเสริมหลัก ให้คิดจำนวนตามแบบ ส่วนความยาวให้คิดตามแต่ละชนิดของโครงสร้าง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ฐานราก

- เหล็กเสริมหลักตามยาว คิดเท่ากับความยาวฐานราก (ผิวคอนกรีต-ผิวคอนกรีต)
- เหล็กเสริมหลักตามขวาง คิดเท่ากับความกว้างของฐานราก (ผิวคอนกรีต-ผิวคอนกรีต)
- เหล็กเสริมหลักที่ต้องงอขึ้นหลังฐานราก (มากกว่าระยะงอปกติ) ให้คิดเท่ากับความยาวเหล็กเสริมหลัก บวกกับ 2 เท่า ของความหนาฐานราก ในกรณีที่เหล็กงอขึ้นถึงหลังฐานราก หรือ 2 เท่า ของระยะความสูงที่งอขึ้นซึ่งชี้ชัดอยู่ในแบบ
- เหล็กปลอกรัดรอบฐานราก ให้คิดเท่ากับเส้นวัดรอบของฐานราก (ตามผิวคอนกรีต)

2.4.2 ตอม่อ

- คิดความยาวจากท้องฐานรากถึงระดับหลังพื้นชั้นแรกตามระดับในแบบกำหนด

2.4.3 เสาชั้นใด ๆ

- คิดความยาวจากระดับหลังพื้นชั้นนั้น ๆ ถึงระดับหลังพื้นชั้นถัดไป (หรือสูงสุดของอาคารในกรณีเป็นเสาชั้นสุดท้าย)

2.4.4 คาน

- คิดความยาวจากศูนย์กลางที่รองรับถึงศูนย์กลางที่รองรับ หรือริมสุดคาน (กรณีเป็นคานช่วงสุดท้าย)

2.4.5 พื้น (ในระบบพื้น-คาน)

- คิดความยาวจากศูนย์กลางที่รองรับถึงศูนย์กลางที่รองรับ หรือริมสุดของแผ่นพื้น (กรณีเป็นพื้นช่วงสุดท้าย)

2.4.6 พื้น (ในระบบพื้นไร้คาน หรือ ระบบคอนกรีตอัดแรงที่หลัง)

- ให้คิดความยาวตามที่แสดงไว้ในแบบ

2.4.7 เหล็กเสริมในคอนกรีตทับหน้า หรือพื้นสำเร็จ

- คิดความยาวเหมือนพื้น (ในระบบ พื้น-คาน)

2.4.8 กำแพงคอนกรีต

- เหล็กนอนทั้งด้านนอกและด้านใน คิดความยาวตามเส้นรอบรูป (ภายนอก) ของกำแพง
- เหล็กตั้งทั้งด้านนอกและด้านใน คิดเหมือนเหล็กเสริมหลักของเสา

2.4.9 พื้นถัง หรือฝาถัง และถนนคอนกรีต

- คิดตามความยาวและความกว้างจากผิวคอนกรีตถึงผิวคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.10 บันไดคอนกรีต

- เหล็กเสริมหลักตามขวางคิดเท่ากับความกว้างบันได
- เหล็กเสริมหลักตามยาวคิดยาวเท่ากับความกว้างบันไดจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับ
- เหล็กดัดตามรูปขั้นบันได ให้วัดความยาวตามผิวลูกขั้นบันได

2.4.11 เหล็กเสริมรอบ Sleeve และช่องเปิด

- ให้ถือว่าคิดเผื่อไว้แล้วตามเปอร์เซ็นต์ของเหล็ก

ตารางที่ 1.1 แสดงอัตราเปอร์เซ็นต์ปริมาณเหล็กเพิ่ม

เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	6 มม.	5	เปอร์เซ็นต์
เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	9 มม., 10 มม.	7	เปอร์เซ็นต์
เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	12 มม.	9	เปอร์เซ็นต์
เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	15 มม., 16 มม.	11	เปอร์เซ็นต์
เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	19 มม., 20 มม.	13	เปอร์เซ็นต์
เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	25 มม., ขึ้นไป	15	เปอร์เซ็นต์

2.3 เหล็กตะแกรง (Fabric Reinforcement) จะต้องวัดปริมาณในหน่วยของพื้นที่เป็นตารางเมตร โดยไม่อนุญาตให้คำนึงถึงส่วนของการก่อสร้างที่ทาบต่อกันและส่วนของเศษที่เหลือจากการตัด

2.4 จะไม่มีการหักพื้นที่ปริมาณงานของงานเหล็กตะแกรงสำหรับช่องเปิดที่มีพื้นที่ไม่เกิน 1 ตารางเมตร บนเหล็กตะแกรง

ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

จากแนวความคิดข้างต้นจึงได้ดำเนินการจัดทำโครงงานพิเศษ โดยมีขอบเขตของโครงงานพิเศษดังต่อไปนี้

1. ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตทั้งวิธีแบบประมาณการและวิธีแบบระเบียนการดัดเหล็ก
2. ทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตทั้งวิธีแบบประมาณการและวิธีแบบระเบียนการดัดเหล็กจากแบบก่อสร้างจำนวน 3 อาคาร โดยจะวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตเฉพาะส่วนที่อยู่ในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่ใช้ดำเนินโครงงานพิเศษ

1. ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตทั้งวิธีแบบประมาณการและวิธีแบบระเบียนการดัดเหล็ก
2. คัดเลือกแบบก่อสร้างมาทำการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีต
3. ทำการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตจากแบบก่อสร้างที่ได้คัดเลือกมาโดยใช้การวัดทั้งวิธีแบบประมาณการและวิธีแบบระเบียนการดัดเหล็ก
4. เปรียบเทียบผลของการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตที่ได้มาจากวิธีแบบประมาณการและวิธีแบบระเบียนการดัดเหล็ก
5. วิเคราะห์ผลของปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตที่ได้จากวิธีแบบประมาณการและวิธีแบบระเบียนการดัดเหล็ก

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงงานพิเศษ

1. ข้อเปรียบเทียบระหว่างการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตโดยวิธีการประมาณและการทำระเบียนการดัดเหล็ก
2. ข้อเปรียบเทียบของปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตของชนิดของโครงสร้างกับสัดส่วนปริมาณการวัดเหล็กเสริมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีเบื้องต้น

ในบทนี้จะนำเสนอถึงวิธีการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตอย่างละเอียดทั้ง 2 วิธี โดยจะนำเสนอทั้งวิธีการวัดปริมาณโดยการทำระเบียนการดัดเหล็ก (Bar Bending Schedule) และการวัดปริมาณโดยการประมาณ ตามลำดับสำหรับโครงสร้างหลัก ๆ ดังต่อไปนี้

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

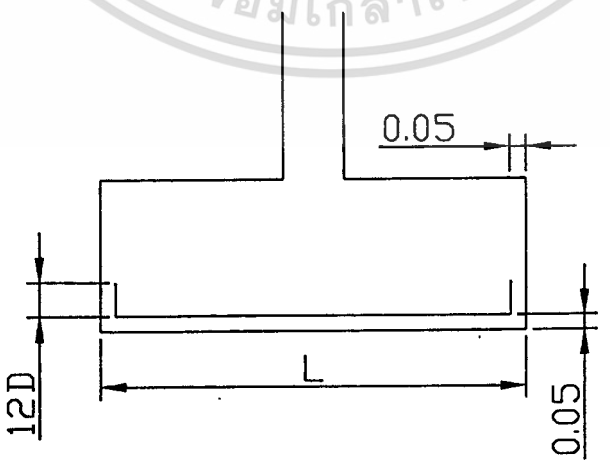
โดยในแต่ละวิธีมีหลักการดังนี้

2.1 วิเคราะห์ฐานราก

ในส่วนของฐานรากจะประกอบด้วย

1. เหล็กตะแกรง
2. เหล็กตะกร้อ
3. เหล็กรัดรอบฐานราก

2.1.1 เหล็กตะแกรง



รูปที่ 2.1.1 แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กตะแกรงฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับฐานรากเป็นองค์อาคารที่มีการสัมผัสต่อดินและน้ำอยู่ตลอดเวลา เพื่อป้องกันเหล็กเสริมคอนกรีตกัดกร่อนจึงต้องมีระยะหุ้มของคอนกรีตที่เพียงพอ ตามมาตรฐานของ วสท. พ.ศ. 2538 ได้กำหนดให้องค์อาคารที่มีการสัมผัสต่อดินและน้ำอยู่ตลอดเวลาต้องมีระยะหุ้มของคอนกรีตอย่างน้อย 0.05 ม. จึงได้กำหนดในการวิเคราะห์ให้ส่วนโครงสร้างนี้มีระยะหุ้มของคอนกรีตเท่ากับ 0.05 ม.

สำหรับการงอขอเหล็กเพื่อเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริมคอนกรีตนั้น วสท. ได้กำหนดให้ งอขอมาตรฐาน หมายถึงส่วนปลายของเหล็กเสริมที่มีลักษณะตรงตามข้อหนึ่งข้อใดต่อไปนี้

1. ส่วนที่ดัดเป็นครึ่งวงกลม และมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย 4 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น แต่ระยะยื่นนี้ต้องไม่น้อยกว่า 6 ซม.
2. ส่วนที่ดัดเป็นมุมฉากและมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย 12 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น
3. เฉพาะเหล็กลูกตั้งและเหล็กปลอกให้ดัด 90 องศา หรือ 135 องศา และมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย 6 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็ก แต่ต้องไม่น้อยกว่า 6 ซม.

สำหรับเหล็กผิวกลมในการงอขอเป็นเป็นครึ่งวงกลมนั้นต้องมีรัศมีของการดัดโค้งอย่างน้อยอีก 5 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก รวมจึงต้องมีระยะของส่วนงอขอเป็น 9 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก แต่สำหรับเหล็กข้ออ้อยนั้นในทางปฏิบัติไม่นิยมทำการงอขอเป็นรูปครึ่งวงกลมหรืองอรูปอื่น นอกจากมุมฉากจึงกำหนดให้ใช้การงอมุมฉากในการพิจารณาปริมาณของการงอขอสำหรับเหล็กข้ออ้อย โดยมีระยะงอฉากเป็น 12 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก

ดังนั้นในส่วนของเหล็กตะแกรงฐานรากจะขอกำหนดสมมุติฐานเบื้องต้นเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐาน 1.ระยะหุ้มคอนกรีตสำหรับฐานราก = 0.05 เมตร

2.เหล็กข้ออ้อยใช้การงอขอมาตรฐานเป็นรูปมุมฉาก ความยาวของส่วนที่งอ = 12 เท่าของ เส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.1 การคำนวณความยาวเหล็กตะแกรงฐานรากแบบระเบียนการดัดเหล็ก

ในเหล็กตะแกรงฐานรากของอาคารจะนิยมใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 12 ถึง 32 มม. ในวิธีระเบียนการดัดเหล็กจะคำนวณความยาวของเหล็กตะแกรงฐานรากเท่ากับ ความยาว(หรือกว้าง) (L) ลบด้วยระยะหุ้มของคอนกรีตทั้ง 2 ข้าง บวกด้วยระยะงอขอยาว 12 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริม (D) เราจะคำนวณความยาวของเหล็กตะแกรงฐานรากตามระยะของรูปที่ 2.1.1

ศวามยาวเหล็กตะแกรง = L – 0.10 + 2*12*D ม. (2.1.1)

2.1.1.2. การคำนวณความยาวเหล็กตะแกรงฐานรากแบบประมาณการ

ตามมาตรฐาน วสท. ให้คำนวณความยาวของเหล็กตะแกรงดังนี้

- เหล็กเสริมหลักตามยาว คิดเท่ากับความยาวฐานราก (ผิวคอนกรีต-ผิวคอนกรีต)
- เหล็กเสริมหลักตามขวาง คิดเท่ากับความกว้างของฐานราก (ผิวคอนกรีต-ผิวคอนกรีต)

สำหรับการวัดปริมาณเหล็กตะแกรงฐานรากแบบประมาณการนี้ ความยาวของเหล็กตะแกรงฐานรากเท่ากับ ความยาว (หรือกว้าง) (L) ของฐานรากจากผิวคอนกรีตถึงผิวคอนกรีต คูณกับเปอร์เซ็นต์ปริมาณเหล็กเพิ่มของแต่ละขนาดเหล็กตามตารางที่ 1.1 เราจะได้

ความยาวของเหล็กตะแกรง = L * % ปริมาณเหล็กเพิ่ม (2.1.2)

<u>ตัวอย่างการคำนวณปริมาณเหล็กตะแกรงฐานราก</u>

กำหนดให้เหล็กตะแกรงฐานรากเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม. ความยาวฐานราก (L) = 1 เมตร เราจะคำนวณความยาวเหล็กตะแกรงฐานรากดังนี้

ความยาวเหล็กตะแกรงแบบระเบียนการดัดเหล็ก = 1.0 – 0.10 + 2*12*0.012 = 1.19 เมตร

ความยาวเหล็กตะแกรงแบบประมาณการ = 1.0 * 1.09 = 1.09 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 ผลต่าง (Δ) และเปอร์เซ็นต์ผลต่าง ($\%\Delta$)

ผลต่าง (Δ) และเปอร์เซ็นต์ผลต่าง ($\%\Delta$)นี้คำนวณโดยยึดเทียบกับวิธีระเบียนการคัดเหล็กเป็นฐาน โดยที่

ผลต่าง = ความยาวเหล็กแบบประมาณการ – ความยาวเหล็กแบบระเบียนการคัดเหล็ก

เปอร์เซ็นต์ผลต่าง = ผลต่าง / ความยาวเหล็กแบบระเบียนการคัดเหล็ก

และถ้าค่าของผลต่างและเปอร์เซ็นต์ผลต่างเป็น

บวก หมายความว่าวิธีประมาณการมีค่ามากกว่าวิธีระเบียนการคัดเหล็ก

ลบ หมายความว่าวิธีประมาณการมีค่าน้อยกว่าวิธีระเบียนการคัดเหล็ก

แต่ทั้งนี้ความยาวของเหล็กเสริมคอนกรีตโดยวิธีระเบียนการคัดเหล็กนี้ยังไม่ได้ถึงรวมเศษเหล็กจากการตัดและเศษเสียหาย

จากตัวอย่างการคำนวณปริมาณเหล็กตะแกรงฐานราก เราจะได้

ผลต่าง (Δ)* = 1.09 – 1.19 = - 0.10 เมตร

เปอร์เซ็นต์ผลต่าง ($\%\Delta$)* = - 0.10 / 1.19 = - 9.17 %

ในการวิเคราะห์นี้เราใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 12 – 32 มม.โดยสมมุติความยาวฐานรากตั้งแต่ 1 – 6 เมตร มาทำการคิดหาความยาวของเหล็กตะแกรงฐานรากทั้งแบบประมาณการและแบบระเบียนการคัดเหล็ก เมื่อทราบถึงความยาวที่ได้จากทั้ง 2 วิธีจึงทำการคำนวณหาผลต่างความยาวและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของความยาวดังตารางที่ 2.1.1 โดยเราจะถือความยาวที่ได้จากวิธีระเบียนการคัดเหล็กว่าเป็นความยาวเหล็กที่ใช้ในโครงสร้างจริงและมาทำการวิเคราะห์ว่าความยาวเหล็กที่ได้มาจากวิธีประมาณการนั้นมีความยาวเพียงพอต่อการใช้งานจริงหรือไม่

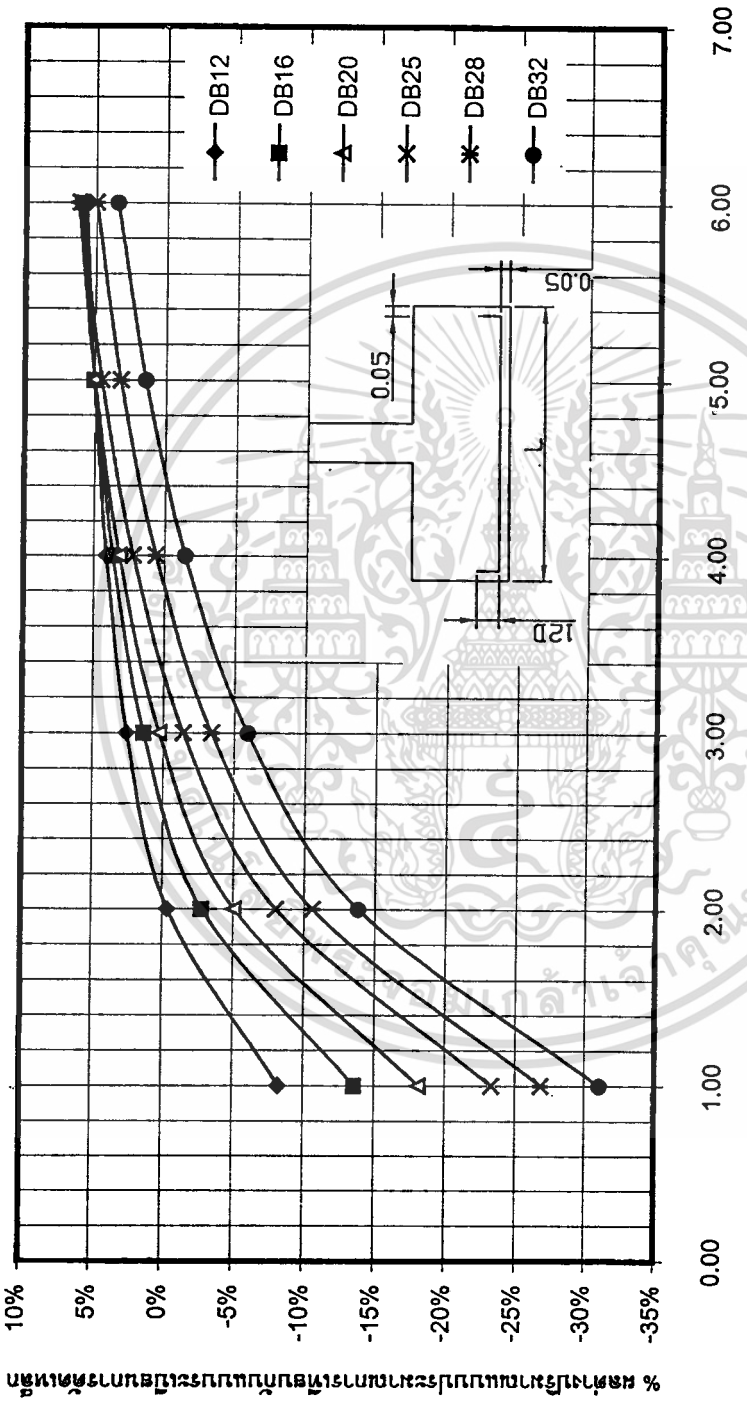
จากการพิจารณาตารางที่ 2.1.1 และรูปที่ 2.1.2 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวฐานรากกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กตะแกรงฐานราก เป็นที่สังเกตได้ว่า

1. สำหรับเหล็กตะแกรงฐานรากนั้น ถ้าขนาดของฐานรากมีขนาดใหญ่ขึ้นปริมาณของเหล็กตะแกรงฐานรากที่วัดโดยวิธีประมาณการจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของฐานรากนั้นจนเริ่มมากกว่าปริมาณเหล็กตะแกรงฐานรากที่วัดโดยวิธีระเบียนการคัดเหล็กที่ความยาวฐานราก 3 ½ เมตร ก็หมายความว่าถ้าฐานรากมีขนาดประมาณ 3 ½ เมตรขึ้นไป ถ้าทำการวัดปริมาณเหล็กตะแกรงด้วยวิธีประมาณการนี้ก็จะมีปริมาณเหล็กเผื่อสำหรับเป็นเศษเหล็กและเศษเสียหายจากการทำงานในปริมาณหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1.1 แสดงปริมาณเหล็กตะแกรงฐานราก

ความยาวฐานราก เมตร	ความยาวเหล็กตะแกรงแบบระเบียนการดัดเหล็ก						ความยาวเหล็กตะแกรงแบบประมาณการ						%ผลต่างของความยาวของเหล็กตะแกรงฐานรากของแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็ก					
	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32
1.00	1.19	1.28	1.38	1.50	1.57	1.67	1.09	1.11	1.13	1.15	1.15	1.15	-8.25%	-13.55%	-18.12%	-23.33%	-26.84%	-31.06%
2.00	2.19	2.28	2.38	2.50	2.57	2.67	2.18	2.22	2.26	2.30	2.30	2.30	-0.37%	-2.80%	-5.04%	-8.00%	-10.58%	-13.79%
3.00	3.19	3.28	3.38	3.50	3.57	3.67	3.27	3.33	3.39	3.45	3.45	3.45	2.57%	1.40%	0.30%	-1.43%	-3.42%	-5.94%
4.00	4.19	4.28	4.38	4.50	4.57	4.67	4.36	4.44	4.52	4.60	4.60	4.60	4.11%	3.64%	3.20%	2.22%	0.61%	-1.46%
5.00	5.19	5.28	5.38	5.50	5.57	5.67	5.45	5.55	5.65	5.75	5.75	5.75	5.05%	5.03%	5.02%	4.55%	3.19%	1.45%
6.00	6.19	6.28	6.38	6.50	6.57	6.67	6.54	6.66	6.78	6.90	6.90	6.90	5.69%	5.98%	6.27%	6.15%	4.99%	3.48%

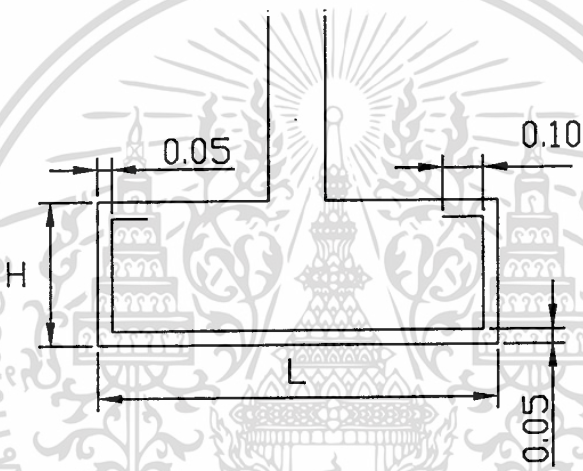


รูปที่ 2.1.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวฐานรากกับ % ผลต่าง ของปริมาณเหล็กตะแกรงฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในช่วงฐานรากขนาดใหญ่ไม่เกิน 3 เมตร ปริมาณเหล็กตะแกรงฐานรากที่วัดได้โดยวิธีประมาณการก็จะไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ถ้าเราถือว่าปริมาณเหล็กตะแกรงฐานรากที่วัดโดยวิธีระเบียนการคัดเหล็กเป็นปริมาณที่ใช้ในโครงสร้างจริง แต่ในทางปฏิบัติแล้วจะมีเศษเหล็กที่เกิดจากการตัดและเศษเสียหายซึ่งสามารถนำมาใช้กับเหล็กตะแกรงฐานรากในฐานรากที่มีขนาดใหญ่ไม่เกิน 3 เมตรนี้ได้ จึงไม่น่ากังวลเกี่ยวกับปริมาณเหล็กตะแกรงฐานรากที่ขาดเนื่องมาจากการวัดแบบประมาณการนี้ หากแต่ในโครงการที่มีจำนวนของฐานรากขนาดใหญ่ไม่เกิน 3 เมตรเป็นจำนวนมากแล้ว ก็จะต้องคำนึงถึงปริมาณเหล็กตะแกรงที่ขาดไปเนื่องจากการคิดปริมาณเหล็กตะแกรงฐานรากแบบประมาณการนี้ด้วย

2.2.1.2 เหล็กตะกร้อ



รูปที่ 2.1.3. แสดงระยะการคำนวณเหล็กตะกร้อฐานราก

สำหรับเหล็กตะกร้อฐานราก ในการออกแบบโครงสร้างฐานรากนั้น เราพิจารณาให้ส่วนที่เป็นเหล็กตะแกรงทำการรับโมเมนต์ที่เกิดขึ้น ส่วนบริเวณที่งอขึ้นมานั้นเป็นเหล็กที่ใช้ในการลดการแตกร้าวและเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมคอนกรีตกับฐานราก ไม่ได้ใช้ในการรับโมเมนต์หลักของฐานราก จึงกำหนดในการวัดปริมาณเหล็กตะกร้อฐานรากให้ส่วนปลายของเหล็กตะกร้อฐานรากมีการงอขอเป็นรูปมุมฉากเป็นระยะ 0.10 เมตรเท่านั้น เพราะถือว่าส่วนงอขอเป็นรูปมุมฉากนี้ไม่ได้ทำการรับโมเมนต์ใด ๆ จากองค์อาคารเลย

ดังนั้นในส่วนของเหล็กตะกร้อฐานรากจะขอกำหนดสมมุติฐานเบื้องต้นเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมุติฐาน 1.ระยะหุ้มคอนกรีตสำหรับฐานราก =0.05 เมตร

2.การงอขอที่ขอบฐานรากบนรูปมุมฉาก ความยาวของส่วนที่งอ = 0.10 เมตร

3.ความหนาฐานรากที่ใช้ในการพิจารณา = 0.5, 1.0, และ 1.5 เมตรตามลำดับ

2.1.2.1.การคำนวณความยาวเหล็กตะกร้อฐานรากแบบระเบียนการดัดเหล็ก

ความยาวของเหล็กตะกร้อฐานรากจะเท่ากับ ความยาวของฐานราก (L) ลบด้วยระยะหุ้มของคอนกรีตฐานราก บวกด้วยสองเท่าของระยะที่งอขึ้นถึงหลังฐานราก (H) กับสองเท่าของระยะงอเป็นรูปมุมฉากที่ขอบบนของฐานราก

ความยาวของเหล็กตะกร้อฐานราก = L – 0.1 + 2*(H - 0.1) + 2*0.1 ม. (2.1.3)

2.1.2.2. การคำนวณความยาวเหล็กตะกร้อฐานรากแบบประมาณการ

ตามมาตรฐาน วสท. ให้คิดความยาวของเหล็กตะกร้อดังนี้

- เหล็กเสริมหลักที่ต้องงอขึ้นหลังฐานราก (มากกว่าระยะงอปกติ) ให้คิดเท่ากับความยาวเหล็กเสริมหลัก บวกกับ 2 เท่า ของความหนาฐานราก ในกรณีที่เหล็กงอขึ้นถึงหลังฐานราก หรือ 2 เท่า ของระยะความสูงที่งอขึ้นซึ่งชี้ชัดอยู่ในแบบ

สำหรับการวัดปริมาณเหล็กตะกร้อฐานรากแบบประมาณการนี้ ความยาวของเหล็กตะกร้อฐานรากเท่ากับ ความยาว(หรือกว้าง) (L) ของฐานรากบวก 2 เท่าของความหนาฐานราก (H) แล้วคูณกับเปอร์เซ็นต์ปริมาณเหล็กเพิ่มของแต่ละขนาดเหล็กตามตารางที่ 1.1 เราจะได้

ความยาวของเหล็กตะกร้อ = (L + 2*H) * % ปริมาณเหล็กเพิ่ม (2.1.4)

<u>ตัวอย่างการคำนวณปริมาณเหล็กตะกร้อฐานราก</u>

กำหนดให้เหล็กตะกร้อฐานรากเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม. ความยาวฐานราก (L) = 1 เมตร เราจะคำนวณความยาวเหล็กตะกร้อฐานรากดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวเหล็กตะกร้อแบบระเบียนการดัดเหล็ก

= 1.0 – 0.10 + 2*(1.0-0.1) + 2*0.10 = 2.90 เมตร

ความยาวเหล็กตะกร้อแบบประมาณการ = (1.0 + 2.0) * 1.09 = 3.27 เมตร

ผลต่าง (Δ) = 3.27 – 2.90 = 0.37 เมตร

% ผลต่าง (%Δ) = 0.37 / 2.90 = 11.31 %

สำหรับเหล็กตะกร้อฐานรากได้แบ่งทำการพิจารณาออกเป็น 3 กรณีคือ ฐานรากมีความหนา 0.5, 1.0, และ 1.5 เมตร ตามลำดับ และกำหนดขนาดเหล็กตะกร้อฐานรากเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12, 16, 20, 25, 28 และ 30 มม. โดยสมมุติให้ฐานรากมีความยาวตั้งแต่ 1 – 6 เมตร ดังปรากฏข้อมูลปริมาณของเหล็กตะกร้อตามตารางที่ 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4 และรูปที่ 2.1.3, 2.1.4 และ 2.1.5 ตามลำดับ จะพบว่าปริมาณที่วัดได้จากวิธีประมาณการนั้น

1. ปริมาณเหล็กตะกร้อฐานรากแบบประมาณการมีปริมาณมากกว่าปริมาณเหล็กตะกร้อฐานรากแบบระเบียนการดัดเหล็กทุกช่วงของความยาวฐานราก โดยมี % ผลต่างของทั้ง 2 วิธีอยู่ในช่วง 10 – 20 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าในวิธีประมาณการนั้นได้มีการเผื่อถึงเศษเหล็กและเศษเสียหายไว้ และในการวัดปริมาณเหล็กตะกร้อฐานรากจึงสามารถนำส่วนที่เผื่อนี้ไปเฉลี่ยน้ำหนักเหล็กในโครงสร้างอื่น ๆ ที่ขาดเหล็กได้

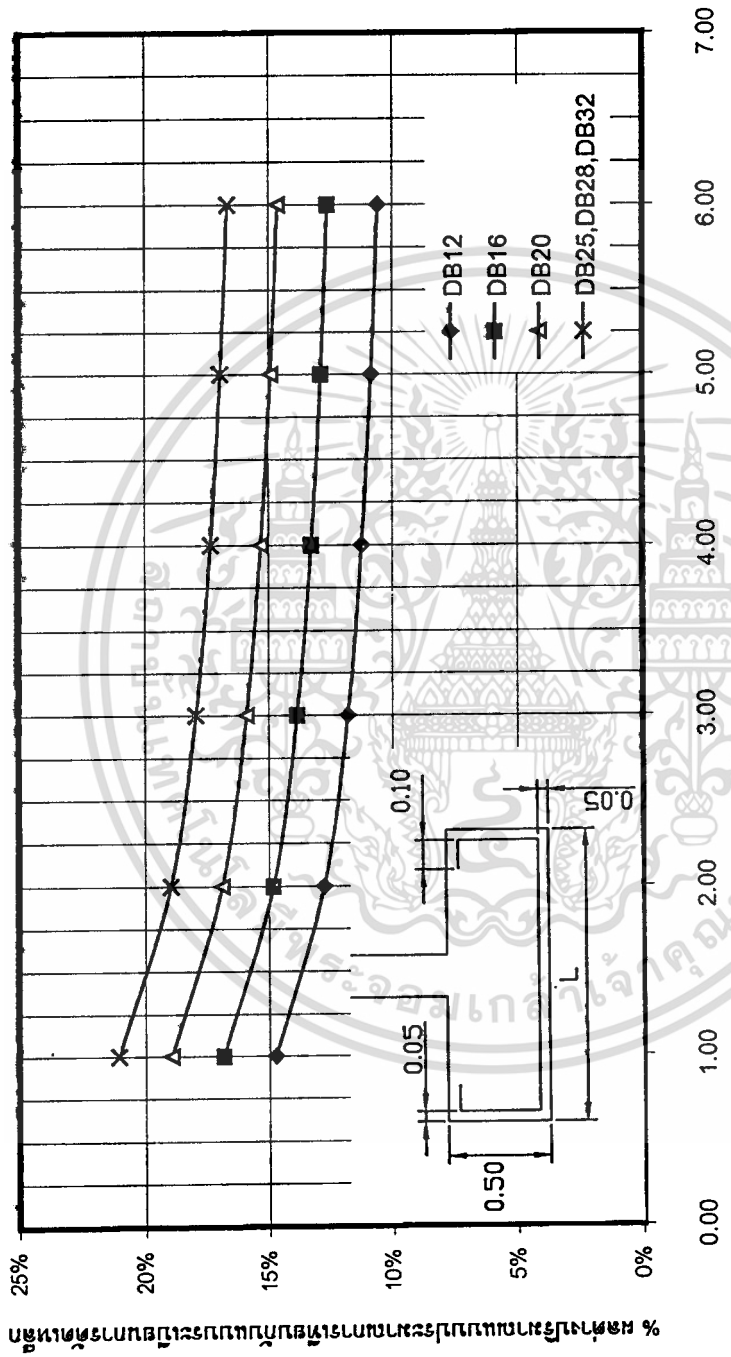
2. ขนาดเหล็กที่ใหญ่ขึ้นส่งผลให้ปริมาณของเหล็กตะกร้อที่วัดแบบประมาณการนั้นยิ่งเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับปริมาณเหล็กตะกร้อแบบระเบียนการดัดเหล็กที่ความยาวฐานรากเดียวกัน

3. ความหนาของฐานรากที่มากขึ้นทำให้ปริมาณเหล็กตะกร้อที่วัดแบบประมาณการนั้นลดลงเมื่อเทียบกับปริมาณเหล็กตะกร้อแบบระเบียนการดัดเหล็กในช่วงความยาวฐานราก 1 – 3 เมตร ยกเว้นเหล็กขนาด 25, 28 และ 32 มม.ที่ค่าไม่ลดลง ส่วนในช่วงความยาวฐานราก 4-6 เมตรนั้น ปริมาณเหล็กตะกร้อที่วัดแบบประมาณการเมื่อเทียบกับปริมาณเหล็กตะกร้อแบบบระเบียนการดัดเหล็กมีค่าใกล้เคียงกันทุกความหนาของฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

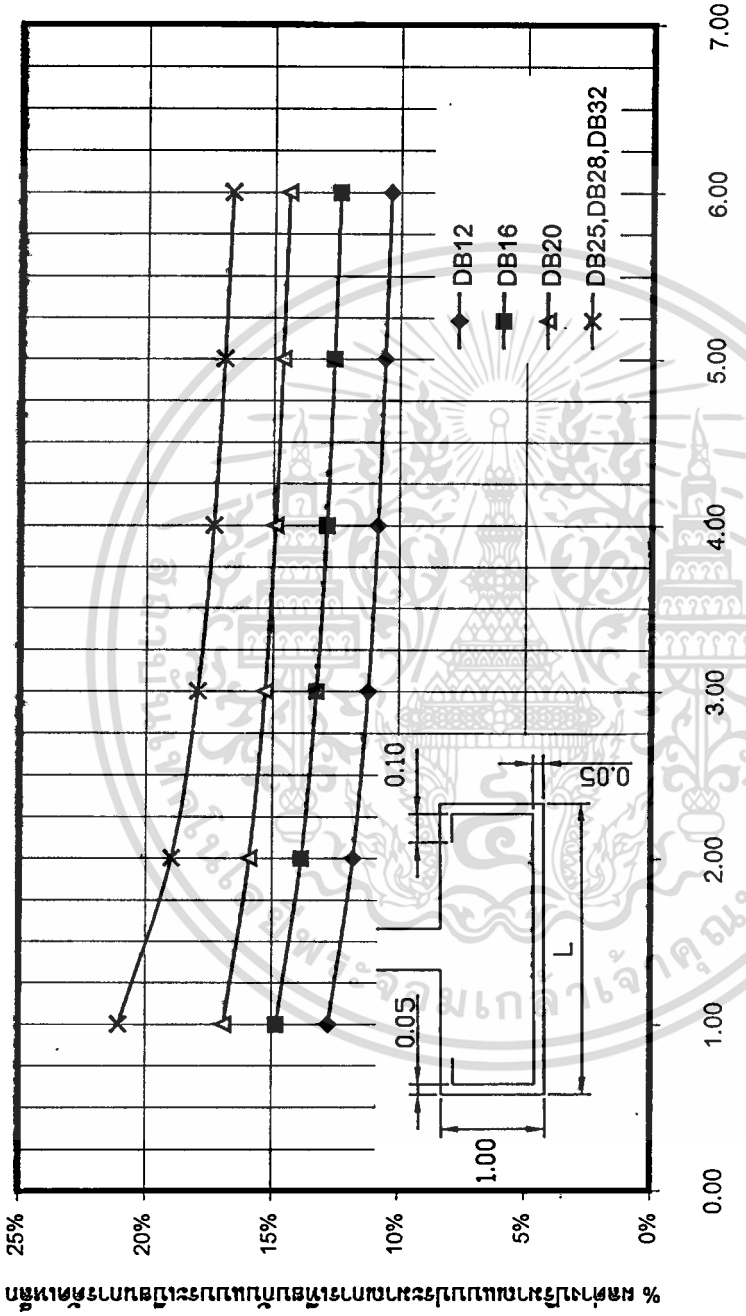
ตารางที่ 2.1.2 แสดงปริมาณเหล็กตะกร้อฐานราก

ความหนาฐานราก เมตร	ความยาวฐานราก เมตร	ความยาวของเหล็กตะกร้อแบบระเบียนการดัดเหล็ก						ความยาวของเหล็กตะกร้อแบบประมาณการ						% ผลต่างของแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียน					
		DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32
0.5	1.00	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	2.18	2.22	2.26	2.30	2.30	2.30	14.74%	16.84%	18.95%	21.05%	21.05%	21.05%
	2.00	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	3.27	3.33	3.39	3.45	3.45	3.45	12.76%	14.83%	16.90%	18.97%	18.97%	18.97%
	3.00	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	4.36	4.44	4.52	4.60	4.60	4.60	11.79%	13.85%	15.90%	17.95%	17.95%	17.95%
	4.00	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	5.45	5.55	5.65	5.75	5.75	5.75	11.22%	13.27%	15.31%	17.35%	17.35%	17.35%
	5.00	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	6.54	6.66	6.78	6.90	6.90	6.90	10.85%	12.88%	14.92%	16.95%	16.95%	16.95%
	6.00	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	7.63	7.77	7.91	8.05	8.05	8.05	10.58%	12.61%	14.64%	16.67%	16.67%	16.67%
1.00	1.00	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	3.27	3.33	3.39	3.45	3.45	3.45	12.76%	14.83%	16.90%	18.97%	18.97%	18.97%
	2.00	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	4.36	4.44	4.52	4.60	4.60	4.60	11.79%	13.85%	15.90%	17.95%	17.95%	17.95%
	3.00	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	5.45	5.55	5.65	5.75	5.75	5.75	11.22%	13.27%	15.31%	17.35%	17.35%	17.35%
	4.00	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	6.54	6.66	6.78	6.90	6.90	6.90	10.85%	12.88%	14.92%	16.95%	16.95%	16.95%
	5.00	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	7.63	7.77	7.91	8.05	8.05	8.05	10.58%	12.61%	14.64%	16.67%	16.67%	16.67%
	6.00	7.90	7.90	7.90	7.90	7.90	7.90	8.72	8.88	9.04	9.20	9.20	9.20	10.38%	12.41%	14.43%	16.46%	16.46%	16.46%
1.50	1.00	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	4.36	4.44	4.52	4.60	4.60	4.60	11.79%	13.85%	15.90%	17.95%	17.95%	17.95%
	2.00	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	5.45	5.55	5.65	5.75	5.75	5.75	11.22%	13.27%	15.31%	17.35%	17.35%	17.35%
	3.00	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	6.54	6.66	6.78	6.90	6.90	6.90	10.85%	12.88%	14.92%	16.95%	16.95%	16.95%
	4.00	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	7.63	7.77	7.91	8.05	8.05	8.05	10.58%	12.61%	14.64%	16.67%	16.67%	16.67%
	5.00	7.90	7.90	7.90	7.90	7.90	7.90	8.72	8.88	9.04	9.20	9.20	9.20	10.38%	12.41%	14.43%	16.46%	16.46%	16.46%
	6.00	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	9.81	9.99	10.17	10.35	10.35	10.35	10.22%	12.25%	14.27%	16.29%	16.29%	16.29%



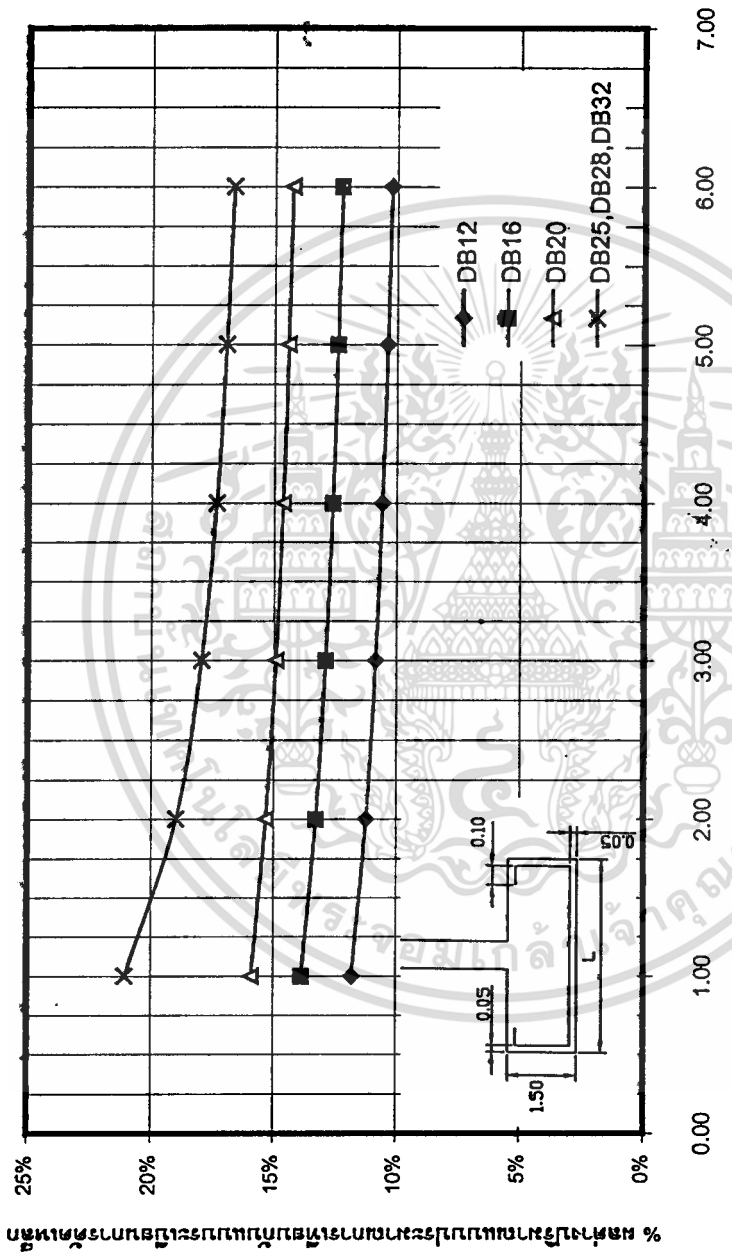
รูปที่ 2.1.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวฐานรากกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กตะแกรงกับฐานราก สำหรับฐานรากหนา (H) = 0.5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวฐานรากกับ % ผลต่าง ของปริมาณเหล็กตะกรุ้ฐานราก สำหรับฐานรากหนา (H) = 1.0 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวฐานรากกับ % ผลต่าง ของปริมาณเหล็กตะกร้อฐานราก สำหรับฐานรากหนา (H) = 1.5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3. เหล็กรัดรอบฐานราก

สำหรับเหล็กรัดรอบกรณีใช้เหล็กกลมกำหนดให้ทำการงอขอเป็นรูป 135 องศา กำหนดซึ่งความยาวของระยะยื่นเท่ากับ 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก และกรณีที่เป็นเหล็กข้ออ้อยในการก่อสร้างจริงนิยมทำการงอขอเป็นรูปมุมฉากซึ่งต้องมีระยะยื่นเท่ากับ 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กที่ใช้ ตามมาตรฐาน วสท.

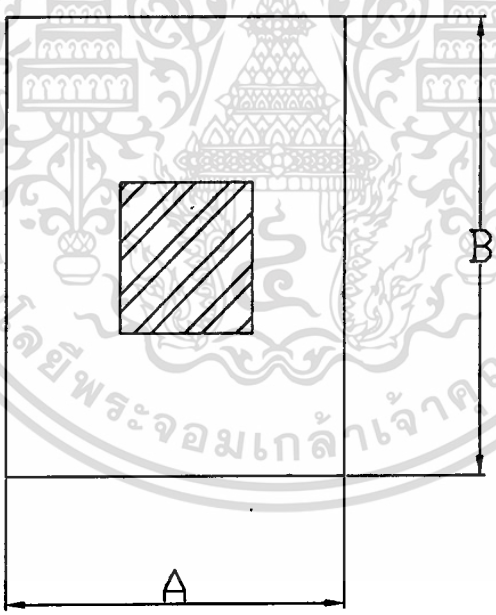
ดังนั้นในส่วนของเหล็กตะแกรงฐานรากจะขอกำหนดสมมุติฐานเบื้องต้นเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐาน 1.ระยะหุ้มคอนกรีตสำหรับฐานราก = 0.05 เมตร

2.เหล็กข้ออ้อย งอขอมาตรฐานเป็นรูปมุมฉาก ความยาวของส่วนที่งอ = 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง

3.เหล็กกลม งอขอมาตรฐานเป็นรูป 135 องศา ความยาวส่วนที่งอ = 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง แต่ต้องไม่น้อยกว่า 6 ซม.

4.ขนาดหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมใด ๆ



รูปที่ 2.1.7 แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กรัดรอบฐานราก

2.1.3.1. การคำนวณความยาวเหล็กรัดรอบฐานรากแบบระเบียนการดัดเหล็ก

ความยาวของเหล็กรัดรอบฐานรากเท่ากับ 2 เท่าของความกว้างของฐานราก (A) ลบด้วยระยะหุ้มของคอนกรีตฐานราก บวกด้วย 2 เท่าของความยาวฐานราก (B) ลบด้วยระยะหุ้มของคอนกรีตฐานราก บวกด้วย 2 เท่าของระยะงอขอตามรูปที่ 2.1.7

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
039018

ความยาวของเหล็กรัดรอบฐานราก

$$= 2*(A - 0.10) + 2*(B - 0.10)\,4 + 2*\text{ระยะงอขอ ม.} \qquad (2.1.5)$$

2.1.3.2. การวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตแบบประมาณการ

ตามมาตรฐาน วสท. ให้คิดความยาวของเหล็กตะกร้อดังนี้

- ความยาวเหล็กปลอกหรือเหล็กรัดรอบที่คล้ายเหล็กปลอก ให้คิดตามรูปตัดที่แสดงในแบบ โดยวัดระยะจากผิวคอนกรีตถึงผิวคอนกรีต

ฉะนั้นความยาวของเหล็กรัดรอบฐานรากจะเท่ากับ 2 เท่าของความกว้างของฐานราก (A) บวกด้วย 2 เท่าของความยาวฐานราก (B) แล้วคูณด้วยเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กรัดรอบฐานราก = (2 * A + 2* B) * % เหล็กเพิ่ม (2.1.6)

<u>ตัวอย่างการคำนวณปริมาณเหล็กรัดรอบฐานราก</u>

กำหนดให้เหล็กรัดรอบฐานรากเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม. ฐานรากขนาด = 1 * 1เมตร

ความยาวเหล็กรัดรอบฐานรากแบบระเบียนการดัดเหล็ก

= 2*(1-0.1) + 2*(1-0.1) + 2*12*0.012 = 3.89 เมตร

ความยาวเหล็กรัดรอบฐานรากแบบประมาณการ

= (2*1 + 2*1) * 1.09 = 4.36 เมตร

ผลต่าง (Δ) = 4.36 – 3.89 = 0.47 เมตร

% ผลต่าง (%Δ) = 0.47 / 3.89 = 12.08 %

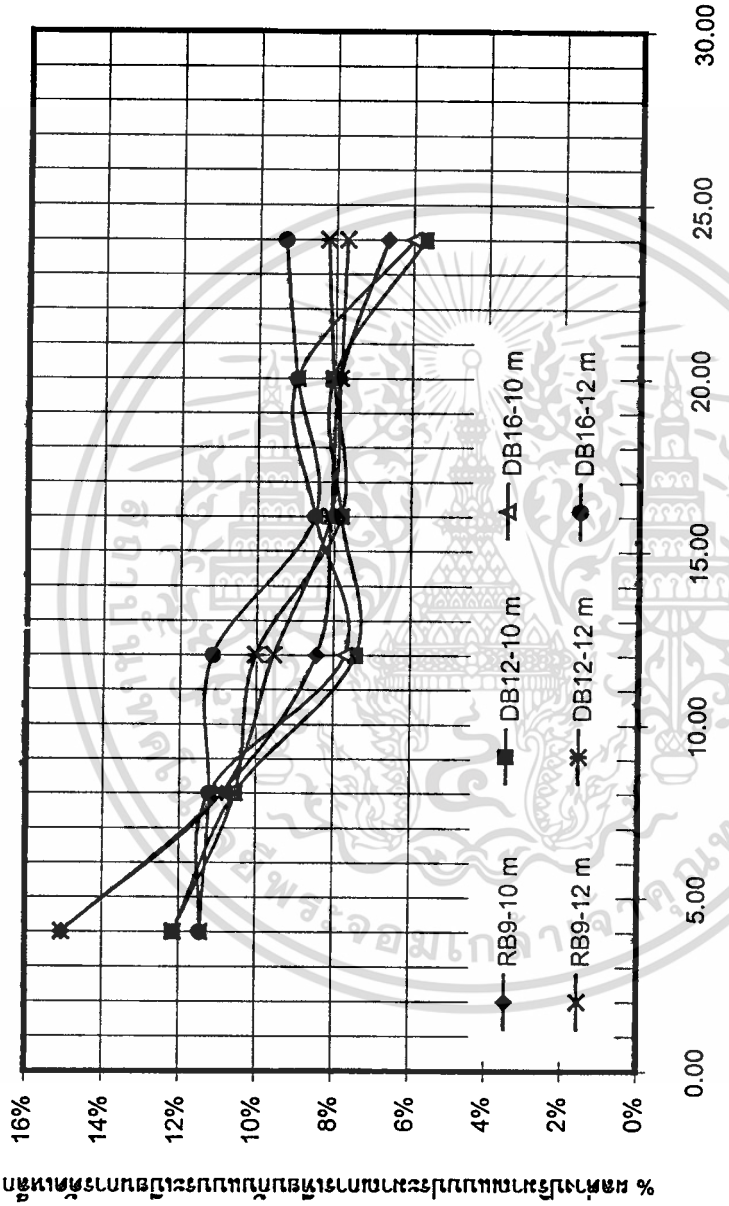
ในที่นี้เราจะทำการวิเคราะห์โดยใช้เหล็กกลมขนาด 9 มม. และเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 และ 16 มม. โดยสมมุติขนาดของฐานรากตั้งแต่ 1.0*1.0, 2.0*2.0, 3.0*3.0,..., 6.0*6.0 เมตร จะได้ปริมาณเหล็กรัดรอบฐานรากตามตารางที่ 2.1.3 จากการพิจารณาตารางที่ 2.1.3 ซึ่งแสดงปริมาณเหล็กรัดรอบฐานราก และรูปที่ 2.1.8 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเส้นรอบรูปฐานรากกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กรัดรอบฐานรากนั้น พบว่า

1. ปริมาณเหล็กรัดรอบฐานรากแบบประมาณการมีค่ามากกว่าปริมาณเหล็กรัดรอบฐานรากแบบระเบียนการดัดเหล็ก เมื่อความยาวเส้นรอบรูปฐานรากมีขนาดไม่มาก และจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อความยาวของเส้นรอบรูปฐานรากมีขนาดเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามปริมาณเหล็กรัดรอบฐานรากแบบประมาณการจะมีค่ามากกว่าปริมาณเหล็กรัดรอบฐานรากแบบระเบียนการดัดเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1.3 แสดงปริมาณของเหล็กรัดรอบฐานราก

ขนาดฐานราก เมตร	กรณีใช้เหล็กความยาวมาตรฐาน 10 เมตร แบบระเบียนการดัดเหล็ก เมตร			กรณีใช้เหล็กความยาวมาตรฐาน 12 เมตร แบบระเบียนการดัดเหล็ก เมตร			แบบประมาณการ เมตร			กรณีใช้เหล็กความยาวมาตรฐาน 10 เมตร % ผลต่างแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็ก			กรณีใช้เหล็กความยาวมาตรฐาน 12 เมตร % ผลต่างแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็ก		
	RB9	DB12	DB16	RB9	DB12	DB16	RB9	DB12	DB16	RB9	DB12	DB16	RB9	DB12	DB16
4.00	3.72	3.89	3.98	3.72	3.89	3.98	4.28	4.36	4.44	-2.37%	18.10%	20.04%	15.05%	20.31%	22.25%
8.00	7.72	7.89	7.98	7.72	7.89	7.98	8.56	8.72	8.88	-1.14%	12.28%	14.26%	10.88%	14.38%	16.35%
12.00	11.84	12.18	12.37	11.72	11.89	11.98	12.84	13.08	13.32	-1.76%	10.23%	12.14%	9.56%	12.53%	14.51%
16.00	15.84	16.18	16.37	15.84	16.18	16.37	17.12	17.44	17.76	-1.11%	9.41%	11.34%	8.08%	11.45%	13.38%
20.00	19.84	20.18	20.37	19.84	20.18	20.37	21.40	21.80	22.2	-0.89%	8.92%	10.86%	7.86%	10.95%	12.90%
24.00	24.08	24.75	25.14	23.84	24.18	24.37	25.68	26.16	26.64	-1.73%	8.37%	10.25%	7.72%	10.62%	12.58%



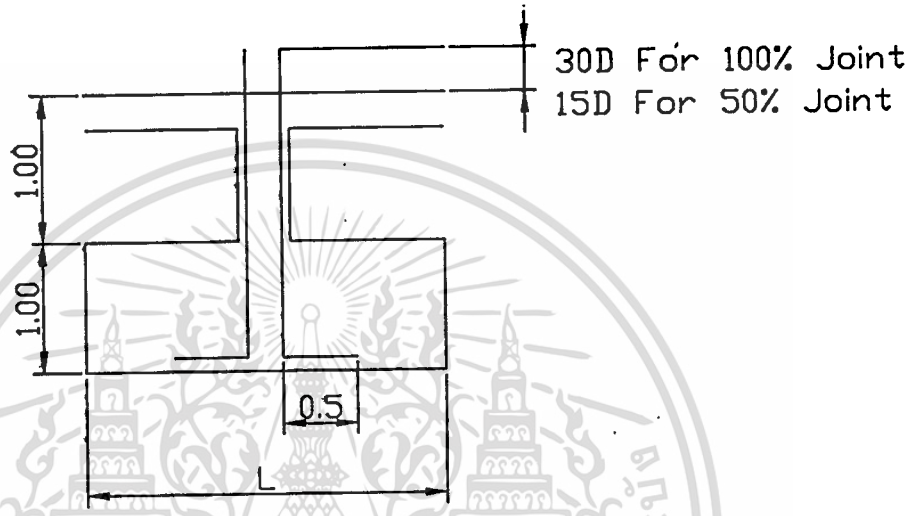
รูปที่ 2.1.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเส้นรอบปฏิฐานรากกับ % ผลต่าง ของปริมาณเหล็กรัดรอบฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วิเคราะห์ตอม่อ

สำหรับตอม่อประกอบด้วย

1. เหล็กยืนตอม่อ
2. เหล็กปลอกตอม่อ



รูปที่ 2.2.1 แสดงระยะการคิดความยาวเหล็กยืนตอม่อแบบระเบียบการดัดเหล็ก

2.2.1 เหล็กยืน

ในฐานรากของอาคารส่วนใหญ่มักเป็นฐานรากเสาเข็ม ตอม่อจึงไม่มีความจำเป็นจะต้องมีความสูงมาก เนื่องจากไม่ต้องทำการเผื่อระยะทรุดตัวของดินแก่อาคาร และในการต่อเหล็กจากตอม่อขึ้นไปสู่เสานั้นจะต้องมีการงอตีนเป็ดเพื่อให้สามารถทำการตั้งเหล็กตอม่อได้ แต่เหล็กตีนเป็ดนี้มิได้ทำหน้าที่รับแรงกระทำใด ๆ ขององค์อาคาร จึงได้กำหนดไว้ในการคิดความยาวของเหล็กส่วนนี้ = 0.50 เมตรก็น่าจะเพียงพอ

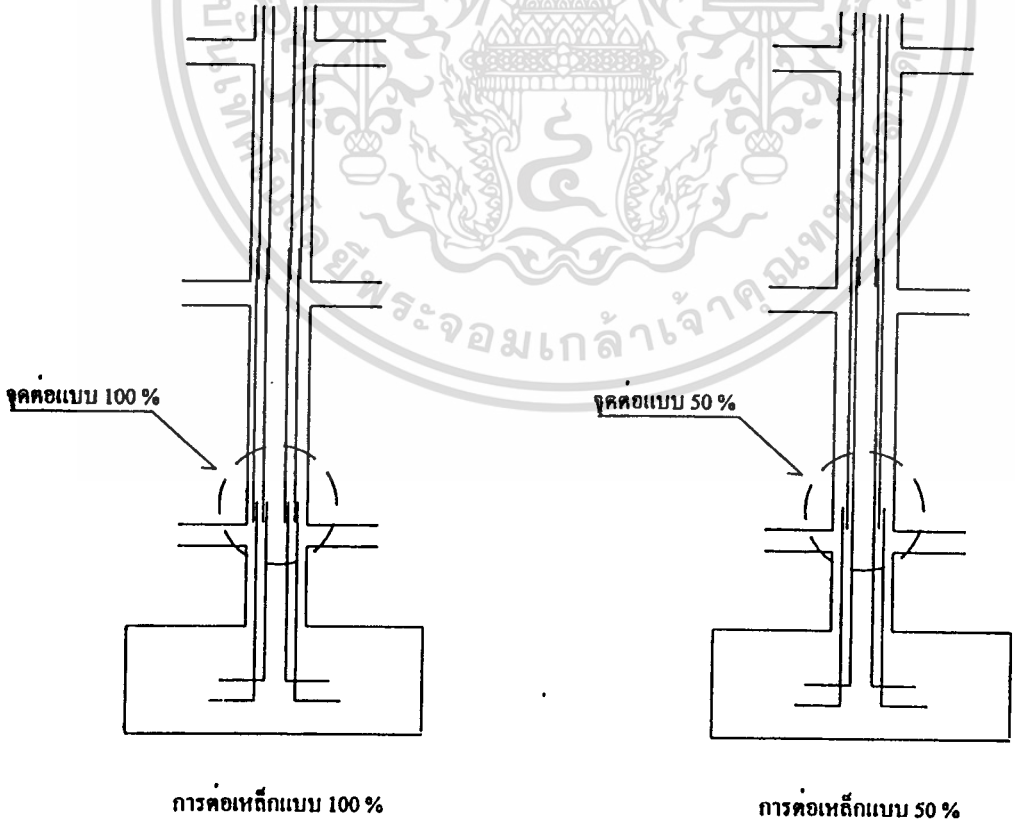
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการต่อทาบเหล็กนั้นทาง วสท.ได้กำหนดมาตรฐานไว้สำหรับเหล็กรับแรงอัดไว้ไม่น้อยกว่า 20, 24 และ 30 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก สำหรับเหล็กที่มีกำลังคลากเท่ากับ 3,000 หรือน้อยกว่า และค่า 4,000 กับ 5,000 กก./ซม^2 ตามลำดับ เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ความยาวเราจะกำหนดให้ใช้ค่า 30 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็ก

แต่ในการก่อสร้างจริงไม่นิยมทำการต่อทาบเหล็กทุกชั้นเนื่องจากความยาวเหล็ก 1 เส้น สามารถใช้ได้มากกว่าความสูง 1 ชั้น และเป็นการลดความหนาแน่นของหน้าตัดเสาด้วยจึงนิยมทำการต่อเหล็ก 50 %* คือทำการต่อทาบเหล็กทุก ๆ 2 ชั้น ดังนั้นระยะทาบเฉลี่ยจึงลดลงเหลือ 15 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางถ้าทำการต่อเหล็ก 50 %

การต่อเหล็กแบบ 100 % คือ การต่อทาบเหล็กทุกเส้นในหน้าตัดนั้น ๆ ในหน้าตัดเดียว กล่าวคือถ้าหน้าตัดมีเหล็กยืน 8 เส้น หน้าตัดของเสาที่มีการต่อทาบจะมีเหล็ก 16 เส้น

การต่อเหล็กแบบ 50 % คือ การต่อทาบเหล็กที่ต่อทาบเหล็กเพียงครึ่งหนึ่งของหน้าตัดนั้น ๆ กล่าวคือถ้าหน้าตัดมีเหล็กยืน 8 เส้น ในหน้าตัดที่มีการต่อทาบจะมีเหล็ก 12 เส้น



รูปที่ 2.2.2 แสดงการต่อเหล็กแบบ 100 % และ 50 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในการวิเคราะห์จะพิจารณาทั้งกรณีต่อเหล็ก 100 % และต่อเหล็ก 50 % จึงขอกำหนดสมมุติฐานเบื้องต้นเพื่อควรสะดวกในการพิจารณาดังต่อไปนี้

สมมุติฐาน 1.ความยาวของตอม่อ = 1 เมตร

2.ความหนาฐานราก = 1 เมตร

3.ระยะทาบ = 30 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กยืน (กรณีต่อเหล็กแบบ 100 %)หรือระยะทาบเฉลี่ย = 15 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กยืน (กรณีต่อเหล็กแบบ 50 %)

4.ความยาวของการงอตีนเป็ด = 0.50 เมตร

1.การคำนวณความยาวเหล็กยืนตอม่อแบบระเบียนการดัดเหล็ก

ความยาวของเหล็กตอม่อจะเท่ากับ ความสูงจากหลังท้องฐานรากจนถึงความสูงของหลังพื้นชั้นที่ 1 (H) บวกกับความยาวของการงอตีนเป็ด และระยะทาบ

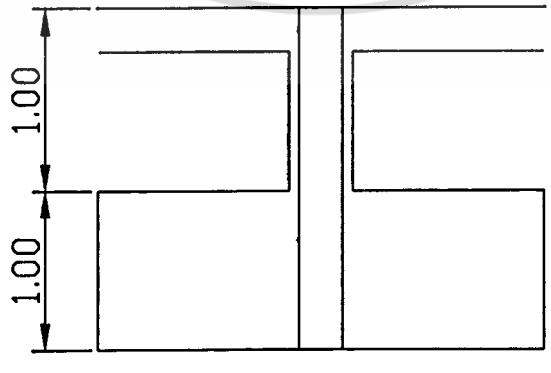
กรณีที่ 1 ต่อเหล็ก 100 % ระยะทาบ = 30D

ความยาวของเหล็กตอม่อ = H + 0.50 + 30D ม. (2.2.1)

กรณีที่ 2 ต่อเหล็ก 50 % ระยะทาบ = 15D

ความยาวของเหล็กตอม่อ = H + 0.50 + 15D ม. (2.2.2)

2.การคำนวณความยาวเหล็กยืนตอม่อแบบประมาณการ



รูปที่ 2.2.3 แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กยืนตอม่อแบบประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามมาตรฐาน วสท. 2540 ได้กำหนดการคิดความยาวของเหล็กยืนตอม่อไว้ว่า

- คิดความยาวจากท้องฐานรากถึงระดับหลังพื้นชั้นแรกตามระดับในแบบกำหนด

ความยาวของเหล็กยืนตอม่อแบบประมาณการเท่ากับ ความสูงจากท้องฐานรากถึงความสูงของหลังพื้นชั้นที่ 1 (H) คูณกับเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กยืนตอม่อ = H * เปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่ม (2.2.3)

<u>ตัวอย่างการคำนวณปริมาณเหล็กยืนตอม่อ</u>

กำหนดให้เหล็กยืนตอม่อเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม. ความสูงตอม่อ = 1 เมตร ความหนาฐานราก = 1 เมตร

ความยาวเหล็กยืนตอม่อแบบระเบียนดัดการเหล็กแบบต่อเหล็ก 100 %

= (1.0+1.0) + 0.50 + 30*0.012 = 2.86 เมตร

ความยาวเหล็กยืนตอม่อแบบระเบียนดัดการเหล็กแบบต่อเหล็ก 50 %

= (1.0+1.0) + 0.50 + 15*0.012 = 2.68 เมตร

ความยาวเหล็กยืนตอม่อแบบประมาณการ

= (1.0+1.0) * 1.09 = 2.18 เมตร

ผลต่างแบบต่อเหล็ก 100 % ($\Delta_{100\%}$) = 2.18 – 2.86 = - 0.68 เมตร

ผลต่างแบบต่อเหล็ก 50 % ($\Delta_{50\%}$) = 2.18 – 2.68 = - 0.50 เมตร

% ผลต่างแบบต่อเหล็ก 100 % (%$\Delta_{100\%}$) = - 0.68 / 2.86 = - 23.78 %

% ผลต่างแบบต่อเหล็ก 50 % (%$\Delta_{50\%}$) = - 0.50 / 2.68 = - 18.66 %

ในที่นี้เราจะทำการวิเคราะห์โดยใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 12, 16, 20, 25, 28 และ 32 มม. จะได้ปริมาณเหล็กยืนตอม่อตามตารางที่ 2.2.1 จากการพิจารณารูปที่ 2.2.2 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเหล็กกับ % ผลต่างของปริมาณปริมาณของเหล็กยืนตอม่อนั้นพบว่า

1. ปริมาณเหล็กยืนตอม่อแบบประมาณการน้อยกว่าปริมาณเหล็กยืนตอม่อแบบระเบียนการคัดเหล็กเนื่องมาจากการที่วิธีประมาณการนั้นไม่ได้รวมถึง ระยะงอตีนเป็ด ทำให้ % ผลต่างติดลบทุกช่วงของขนาดเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

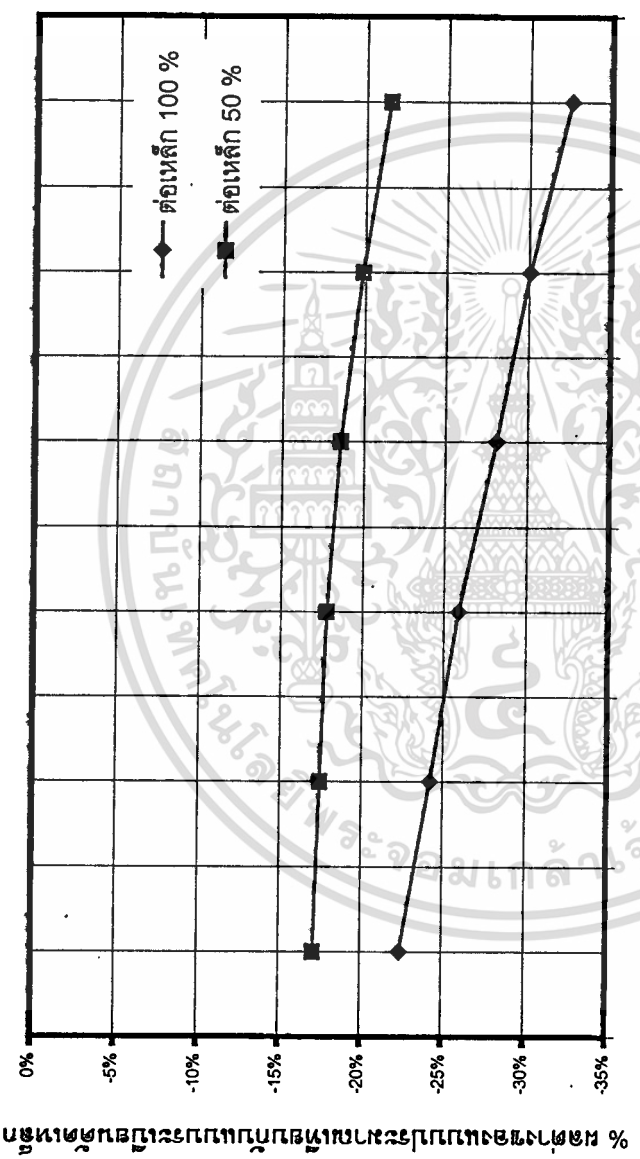
ตารางที่ 2.2.1 แสดงปริมาณเหล็กยืนตอม่อ

ขนาดเหล็ก	กรณีต่อเหล็ก 100 % แบบระเบียนดัดเหล็ก เมตร	กรณีต่อเหล็ก 50 % แบบระเบียนดัดเหล็ก เมตร	แบบประมาณการ เมตร	กรณีต่อเหล็ก 100% % ผลต่าง	กรณีต่อเหล็ก 50% % ผลต่าง
DB12	2.81	2.63	2.18	-22.42%	-17.11%
DB16	2.93	2.69	2.22	-24.23%	-17.47%
DB20	3.05	2.75	2.26	-25.90%	-17.82%
DB25	3.2	2.83	2.3	-28.13%	-18.58%
DB28	3.29	2.87	2.3	-30.09%	-19.86%
DB32	3.41	2.93	2.3	-32.55%	-21.50%

ตารางที่ 2.3.1 แสดงปริมาณเหล็กยืนเสา

ขนาดเหล็ก	กรณีต่อเหล็ก 100 % แบบระเบียนดัดเหล็ก เมตร	กรณีต่อเหล็ก 50 % แบบระเบียนดัดเหล็ก เมตร	แบบประมาณการ เมตร	กรณีต่อเหล็ก 100% % ผลต่าง	กรณีต่อเหล็ก 50% % ผลต่าง
DB12	3.16	2.98	3.052	-3.42%	2.42%
DB16	3.28	3.04	3.108	-5.24%	2.24%
DB20	3.4	3.1	3.164	-6.94%	2.06%
DB25	3.55	3.175	3.22	-9.30%	1.42%
DB28	3.64	3.22	3.22	-11.54%	0.00%
DB32	3.76	3.28	3.22	-14.36%	-1.83%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเหล็กกับ % ผลต่างของเหล็กยึนดอม่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วิเคราะห์เสา

เหล็กเสริมเสาประกอบด้วย

1. เหล็กยืน
2. เหล็กปลอก

2.3.1 เหล็กยืน

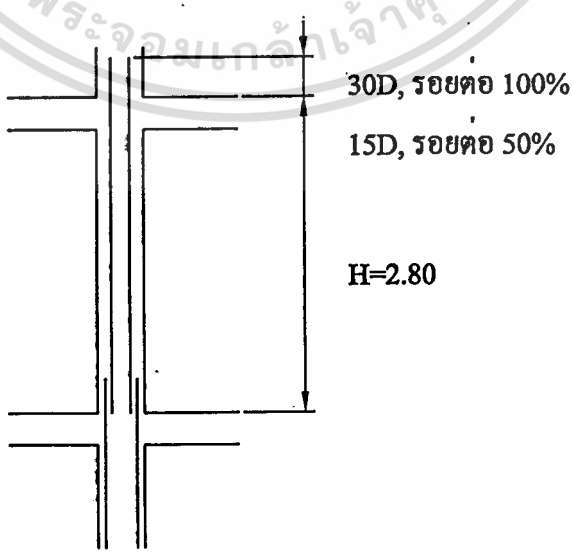
สำหรับเสานั้นตัวแปรที่ทำให้ปริมาณที่วัดได้เปลี่ยนไปนั้นขึ้นอยู่กับการต่อทาบของเหล็กและความสูงของชั้นแต่ละชั้น แต่เนื่องจากความสูงของอาคารถูกกำหนดด้วย พรบ.ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ที่ให้มีความสูงในแต่ละชั้นไม่ต่ำกว่า 2.45 เมตรสำหรับอาคารสำนักงาน และในปรกติความหนาของพื้นจะอยู่ที่ 0.15 – 0.30 ซม. เป็นอย่างมาก เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์จึงได้กำหนดให้ความสูงจากหลังพื้นชั้นหนึ่งไปสู่พื้นอีกชั้นหนึ่ง = 2.80 เมตร และใช้เหล็กขนาดเดียวกันตลอดความยาวเสา เพื่อประหยัดปริมาณเศษเหล็กจากการตัดและเศษเสียหาย ส่วนความยาวของระยะทาบเหล็กเสาใช้เหมือนกับเหล็กตอม่อ

ดังนั้นในการวิเคราะห์จะพิจารณาทั้งกรณีต่อเหล็ก 100 % และต่อเหล็ก 50 % จึงขอกำหนดสมมุติฐานเบื้องต้นเพื่อความสะดวกในการพิจารณาดังต่อไปนี้

สมมุติฐาน 1.ความสูงจากระดับหลังพื้นถึงหลังพื้นชั้นถัดไป = 2.80 เมตร

2.ระยะทาบ = 30 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กยืน (กรณีต่อเหล็กแบบ 100 %) หรือระยะทาบเฉลี่ย = 15 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กยืน (กรณีต่อเหล็กแบบ 50 %)

3.ใช้เหล็กขนาดเดียวตลอดทั้งหน้าตัด



รูปที่ 2.3.1 แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กยืนเสาแบบระเบียบการดัดเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.การคำนวณความยาวเหล็กยืนเสาแบบระเบียนการดัดเหล็ก

ความยาวของเหล็กเสาจะเท่ากับ ความสูงจากหลังพื้นชั้นหนึ่งจนถึงความสูงของพื้นอีกชั้นหนึ่ง (H) บวกด้วยความยาวของระยะทาบ

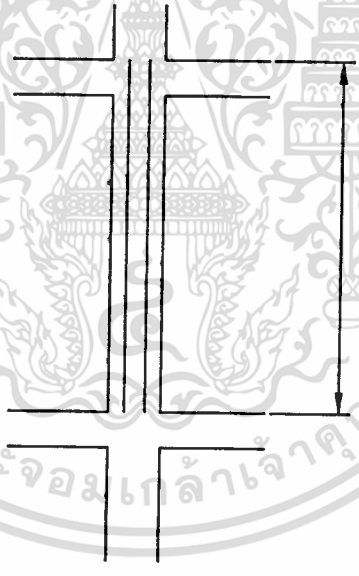
กรณีที่ 1 ต่อเหล็ก 100 % ระยะทาบ = 30D

ความยาวของเหล็กเสา= H + 30D ม. (2.3.1)

กรณีที่ 2 ต่อเหล็ก 50 % ระยะทาบเฉลี่ย = 15D

ความยาวของเหล็กเสา= H + 15 D ม. (2.3.2)

2. การคำนวณความยาวเหล็กยืนเสาแบบประมาณการ



รูปที่ 2.3.2 แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กยืนเสาแบบประมาณ

ตามมาตรฐานของ วสท. พ.ศ. 2540 ได้กำหนดการวัดความยาวของเหล็กเสาไว้ว่า

- ความสูงของเหล็กเสาเหล็กจะเท่ากับ ความสูงจากหลังพื้นชั้นหนึ่งจนถึงความสูงของพื้นอีกชั้นหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นความยาวของเหล็กยืนเสาจะเท่ากับ ความสูงจากหลังพื้นชั้นหนึ่งจนถึงความสูงของพื้นอีกชั้นหนึ่ง (H) คูณกับเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กยืนเสา = H * % เหล็กเพิ่ม (2.3.3)

<u>ตัวอย่างการคำนวณปริมาณเหล็กยืนเสา</u>

กำหนดให้เหล็กยืนเสาเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม ความสูงของระดับหลังพื้นชั้นหนึ่งถึงระดับหลังพื้นอีกชั้นหนึ่ง (H) = 2.80 เมตร

ความยาวเหล็กยืนเสาแบบระเบียนการดัดเหล็กแบบต่อเหล็ก 100 %

= 2.80 + 30*0.012 = 3.16 เมตร

ความยาวเหล็กยืนเสาแบบระเบียนการดัดเหล็กแบบต่อเหล็ก 50 %

= 2.80 + 15*0.012 = 2.98 เมตร

ความยาวเหล็กยืนเสาแบบประมาณการ = 2.8 * 1.09 = 3.05 เมตร

ผลต่างแบบต่อเหล็ก 100 % ($\Delta_{100\,\%}$) = 3.05 – 3.16 = - 0.11 เมตร

ผลต่างแบบต่อเหล็ก 50 % ($\Delta_{50\,\%}$) = 3.05 – 2.98 = - 0.07 เมตร

% ผลต่างแบบต่อเหล็ก 100 % ($\%\Delta_{100\,\%}$) = - 0.11 / 3.16 = - 3.48 %

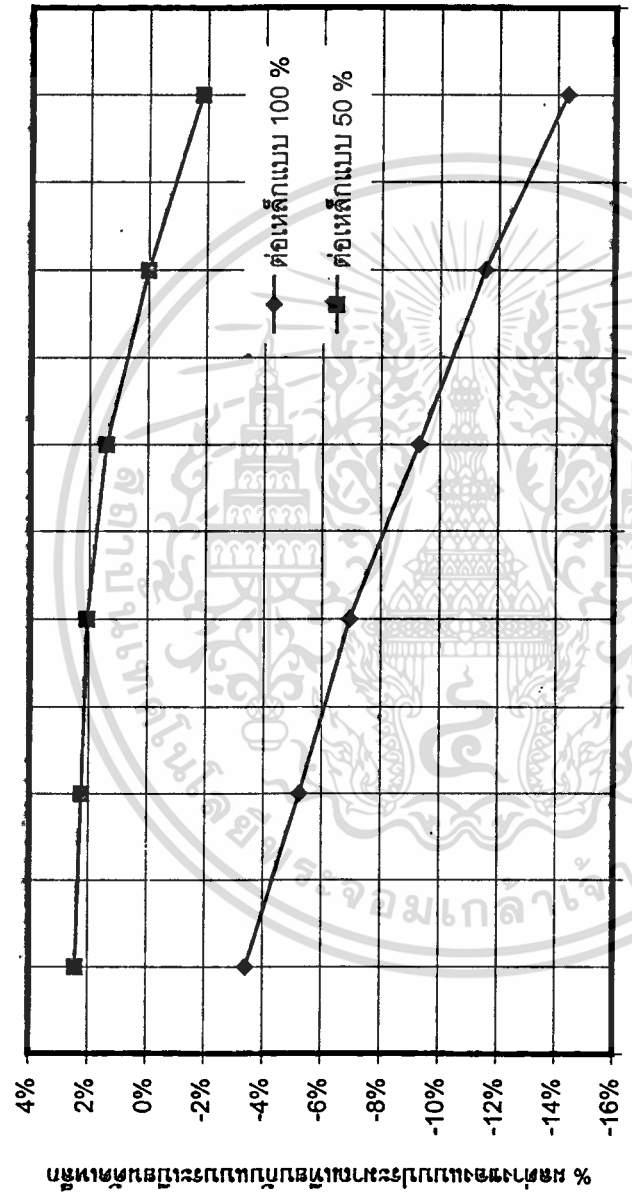
% ผลต่างแบบต่อเหล็ก 50 % ($\%\Delta_{50\,\%}$) = - 0.07 / 2.98 = - 2.35 %

ในที่นี้เราจะทำการวิเคราะห์โดยใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 12, 16, 20, 25, 28 และ 32 มม. จะได้ปริมาณเหล็กยืนเสาตามตารางที่ 2.3.1 จากการพิจารณารูปที่ 2.3.3 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเหล็กกับ % ผลต่างของปริมาณปริมาณของเหล็กยืนเสานั้นพบว่า

1. ปริมาณเหล็กยืนเสาแบบประมาณการจะน้อยกว่าปริมาณเหล็กยืนเสาแบบระเบียนการดัดเหล็ก เนื่องจากปริมาณเหล็กยืนเสาจาก % เหล็กเพิ่มของวิธีประมาณการน้อยกว่าปริมาณเหล็กที่ใช้ในการต่อทาบของเหล็กเสาถ้าทำการต่อทาบ 100 %

2. ปริมาณเหล็กยืนเสาแบบประมาณการจะน้อยกว่าปริมาณเหล็กยืนเสาแบบระเบียนการดัดเหล็ก เนื่องจากปริมาณเหล็กยืนเสาจาก % เหล็กเพิ่มของวิธีประมาณการน้อยกว่าปริมาณเหล็กที่ใช้ในการต่อทาบของเหล็กเสาถ้าทำการต่อทาบ 50 % แต่จะเป็นปริมาณที่น้อยกว่ากรณีที่ทำการต่อทาบ 100 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเหล็กกับ % ผลต่างของเหล็กเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 เหล็กปลอกตอม่อเสา เหล็กปลอกเสา และเหล็กปลอกคาน

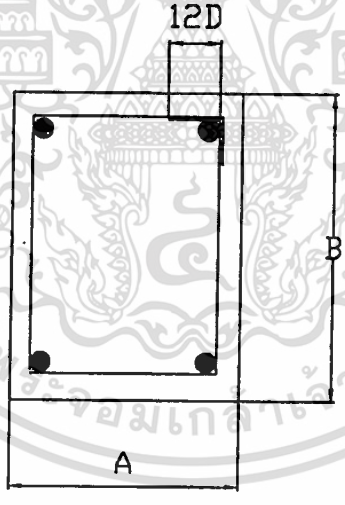
เหล็กปลอกของตอม่อ เสาและคาน มีลักษณะคล้ายกับดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์พร้อมกัน การงอขอมาตรฐานของเหล็กกลมตามมาตรฐานของ วสท. พ.ศ. 2538 ได้กำหนดไว้สำหรับการงอขอของเหล็กกลมในเหล็กปลอกต้องมีความยาวของระยะยื่นเท่ากับ 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางแต่ไม่น้อยกว่า 6 ซม. จึงกำหนดให้ให้ใช้ค่าของระยะยื่นในการงอขอของเหล็กกลมเท่ากับ 6 ซม. ส่วนเหล็กข้ออ้อยกำหนดให้มีความยาวของระยะงอขอเท่ากับ 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก ส่วนระยะหุ้มของคอนกรีตในอาคารกำหนดให้เป็น 2.5 ซม.

เพื่อความสะดวกในการพิจารณาจึงขอกำหนดสมมุติฐานดังต่อไปนี้

สมมุติฐาน 1.หน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสใด ๆ ดังรูป2.3.4

2.งอขอมาตรฐานของเหล็กกลมระยะงอเป็น 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง แต่ไม่น้อยกว่า 6 ซม.

3.งอขอมาตรฐานของเหล็กข้ออ้อยระยะงอเป็น 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง



รูปที่ 2.3.4 แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กปลอก

1.การคำนวณความยาวเหล็กปลอกแบบระเบียนการดัดเหล็ก

ความยาวของเหล็กปลอกจะเท่ากับ ความยาวของเส้นรอบรูป ลบออกด้วยระยะหุ้มของคอนกรีต บวกด้วย 2 เท่าของระยะการงอขอมาตรฐาน

$$\text{ความยาวของเหล็กปลอก} = 2(A + B - 0.1) + 2*\text{ระยะงอขอ} \qquad (2.3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวของเหล็กปลอก = 2 (A + B – 0.1) + 2*ระยะงอขอ (2.3.3)

2. การคำนวณความยาวเหล็กปลอกแบบระเบียนการดัดเหล็ก

ตามมาตรฐานของ วสท. เหล็กปลอกให้คิดความยาวเท่ากับ

- ความยาวเหล็กปลอกหรือเหล็กรัดรอบที่คล้ายเหล็กปลอก ให้คิดตามรูปตัดที่แสดงในแบบ โดยวัดระยะจากผิวคอนกรีตถึงผิวคอนกรีต

ดังนั้นความยาวของเหล็กปลอก เท่ากับ ระยะความยาวรอบผิวคอนกรีต คูณด้วยเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กปลอก = 2*(A + B) * เปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่ม (2.3.4)

<u>ตัวอย่างการคำนวณปริมาณเหล็กปลอก</u>

กำหนดให้เหล็กปลอกเป็นเหล็กกลมขนาด 9 มม. หน้าตัดเท่ากับ 0.25*0.50 เมตร

ความยาวเหล็กปลอกแบบระเบียนการดัดเหล็ก

= 2 * (0.25 + 0.50 – 0.10) + 2*0.06 = 1.42 เมตร

ความยาวเหล็กปลอกแบบประมาณการ = 2 * (0.25 + 0.50) * 1.07 = 1.61 เมตร

ผลต่าง (Δ) = 1.61 – 1.42 = 0.19 เมตร

% ผลต่าง (%Δ) = 0.19 / 1.42 = 13.38 %

ในที่นี้เราจะทำการวิเคราะห์โดยใช้เหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม. และเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม. โดยสมมุติขนาดหน้าตัด 0.20*0.20, 0.30*0.30, 0.40*0.40,..., 1.00*1.00 เมตรจะได้ปริมาณเหล็กปลอกตามตารางที่ 2.3.2 และรูปที่ 2.3.5 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของเส้นรอบรูปหน้าตัดกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กปลอก จะพบว่า

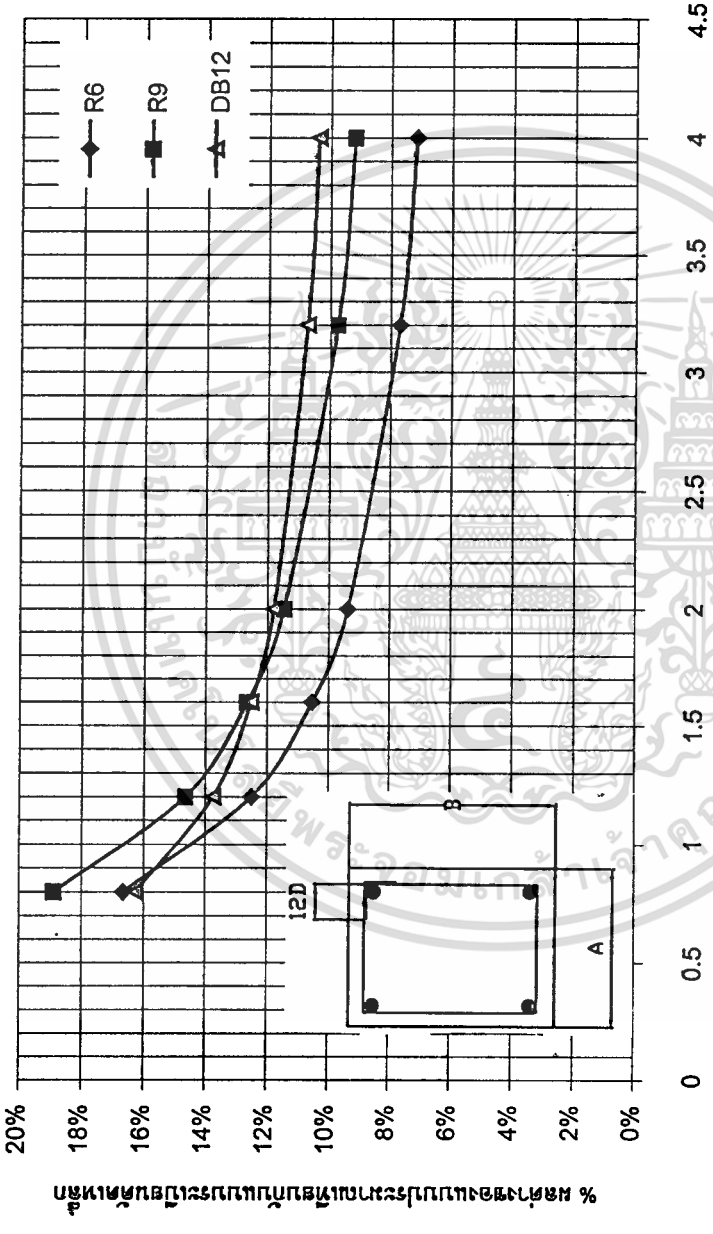
1. ปริมาณเหล็กปลอกที่ได้จากวิธีประมาณนั้นมีค่ามากกว่าเหล็กปลอกที่ได้จากวิธีแบบระเบียนการดัดเหล็กทุกกรณีของความยาวเส้นรอบรูปของหน้าตัดคานหรือเสา โดยที่ปริมาณเหล็กปลอกที่มากกว่านี้จะไปเป็น % เผื่อถึงเศษเหล็กและเศษเสียหายของโครงสร้างส่วนอื่น ๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3.2 แสดงปริมาณของเหล็กปลอกของตอม่อ,เสา และคาน

ความยาวเส้นรอบรูป ม.	ขนาดเหล็กปลอก	แบบระเบียนดัดเหล็ก	แบบประมาณ	ผลต่าง	% ผลต่าง
0.80	RB6	0.72	0.84	0.12	16.67%
	RB9	0.72	0.86	0.14	18.89%
	DB12	0.75	0.87	0.12	16.27%
1.20	RB6	1.12	1.26	0.14	12.50%
	RB9	1.12	1.28	0.16	14.64%
	DB12	1.15	1.31	0.16	13.74%
1.60	RB6	1.52	1.68	0.16	10.53%
	RB9	1.52	1.71	0.19	12.63%
	DB12	1.55	1.74	0.19	12.52%
2.00	RB6	1.92	2.10	0.18	9.38%
	RB9	1.92	2.14	0.22	11.46%
	DB12	1.95	2.18	0.23	11.79%
3.20	RB6	3.12	3.36	0.24	7.69%
	RB9	3.12	3.42	0.30	9.74%
	DB12	3.15	3.49	0.34	10.73%
4.00	RB6	3.92	4.20	0.28	7.14%
	RB9	3.92	4.28	0.36	9.18%
	DB12	3.95	4.36	0.41	10.38%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3.5 แสดงความสัมพันธ์ของเหล็กปลอกเสาและคาน ระหว่างขนาดเหล็กกับความยาวเส้นรอบรูปของเสาและคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 คาน

ส่วนประกอบของเหล็กเสริมในส่วนของคานประกอบด้วย

1.เหล็กเสริมหลัก

2.เหล็กเสริมพิเศษ

2.4.1 เหล็กเสริมหลัก

ปริมาณของเหล็กเสริมหลักของคานนั้นขึ้นอยู่กับความยาวช่วงของคาน ลักษณะความต่อเนื่องของคาน และลักษณะที่รองรับ อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงระยะต่อทาบในกรณีที่มีความยาวเกินกว่าความยาวเหล็กมาตรฐาน

ระยะทาบของเหล็กเสริมรับแรงดึงตามมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กของ วสท พ.ศ. 2538. กำหนดให้ความยาวของเหล็กข้ออ้อยที่นำมาต่อทาบกันต้องไม่น้อยกว่า 24, 30 และ 36 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กที่มีกำลังคลาก 3,000, 4,000 และ 5,000 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ แต่เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์จึงกำหนดในการวัดปริมาณของเหล็กหลักของคานให้มีความยาวของการต่อทาบเท่ากับ 40 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กที่ใช้งาน

โดยปกติขนาดของเหล็กเสริมหลักของคานที่นิยมใช้ทั่วไปเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาดตั้งแต่ 12 – 25 มม.จึงกำหนดในส่วนของการงอขอมาตรฐานตามข้อกำหนดของ วสท. ให้มีระยะของส่วนปลายที่ยื่นออกไปมีขนาด 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของขนาดเหล็กเสริมที่ใช้และเป็นรูปมุมฉาก

ในการวิเคราะห์เหล็กเสริมหลักของคานนี้เราจะพิจารณาเป็น 3 กรณีคือ

1.คานต่อเนื่องช่วงเดี่ยว

2.คานต่อเนื่อง 2 ช่วง

3.คานต่อเนื่อง 3 ช่วง

ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการพิจารณาจึงได้กำหนดสมมุติฐานดังต่อไปนี้

สมมุติฐาน 1.เสาที่จุดรองรับมีขนาดหน้าตัด 0.50*0.50 เมตร

2.ความยาวของช่วงงอขอมาตรฐาน = 12D

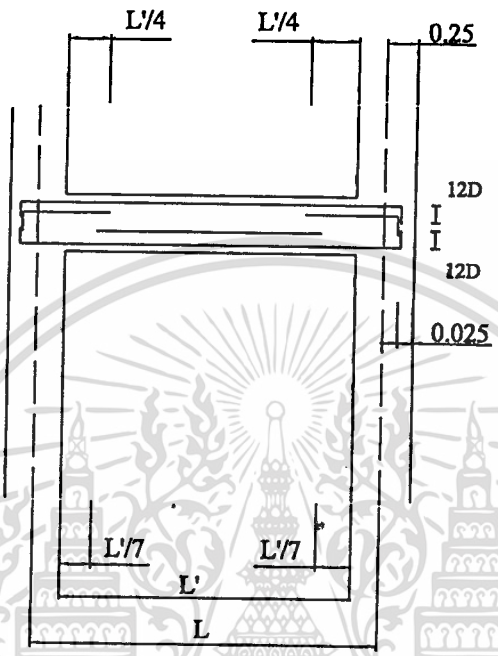
3.กรณีที่เหล็กมีความยาวเกิน 10 หรือ 12 เมตร (แล้วแต่การเลือกใช้เหล็ก) จะต้องมีการต่อทาบอย่างน้อย 40 D

4.ความยาวช่วงของคานมีความยาวเท่ากันทุกช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.การคำนวณความยาวเหล็กเสริมหลักคานแบบระเบียนการดัดเหล็ก

สำหรับการคำนวณความยาวของเหล็กเสริมหลักของคาน เราจะพิจารณาตามรูปที่ 2.4.1 สำหรับคานช่วงเดี่ยว รูปที่ 2.4.2 สำหรับคานต่อเนื่อง 2 ช่วง รูปที่ 2.4.3 สำหรับคานต่อเนื่อง 3 ช่วง



รูปที่ 2.4.1 แสดงระยะการคำนวณเหล็กเสริมคานของคานช่วงเดี่ยว

ความยาวของเหล็กเสริมหลักของคานช่วงเดี่ยว เท่ากับความยาวช่วงของเสาจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L) บวกด้วยความกว้างของที่รองรับ ลบด้วยระยะหุ้มคอนกรีต บวกด้วย 2 เท่าของระยะงอขอ (12D) (บวกด้วยระยะทาบในกรณีที่มีการต่อทาบเกิดขึ้น)

ความยาวของเหล็กเสริมหลักของคานช่วงเดี่ยว

$$= L + 0.50 - 0.05 + 2*12D \text{ (+ ระยะทาบกรณีที่มีการต่อทาบ) เมตร} \quad (2.4.1)$$

ส่วนความยาวของเหล็กเสริมหลักของคานต่อเนื่อง 2 ช่วง ยาวเท่ากับ 2 เท่าของความยาวช่วงของเสาจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L) บวกด้วยความกว้างของที่รองรับ ลบด้วยระยะหุ้มคอนกรีต บวกด้วย 2 เท่าของระยะงอขอ (12D) (บวกด้วยระยะทาบในกรณีที่มีการต่อทาบเกิดขึ้น)

ความยาวของเหล็กเสริมหลักของคานต่อเนื่อง 2 ช่วง

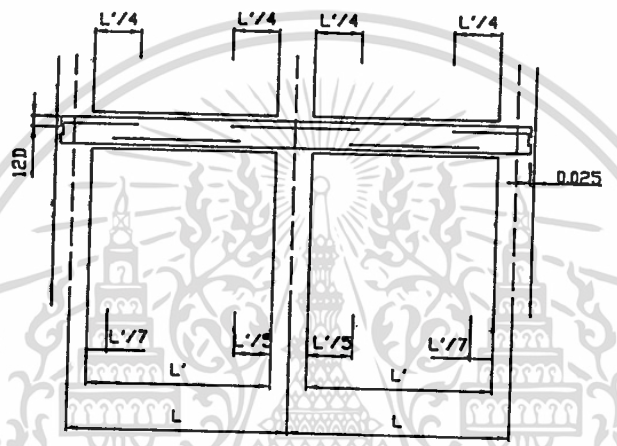
$$= 2 * L + 0.50 - 0.05 + 2*12D \text{ (+ ระยะทาบกรณีที่มีการต่อทาบ) เมตร} \quad (2.4.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

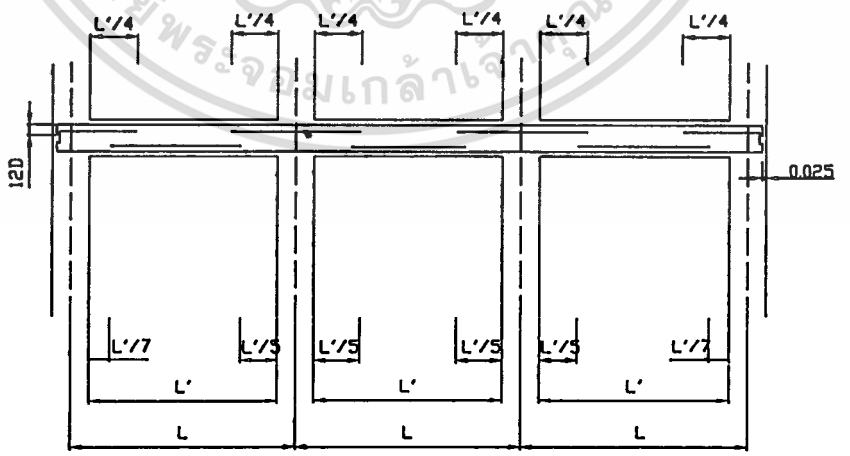
ส่วนความยาวของเหล็กเสริมหลักของคานต่อเนื่อง 3 ช่วง ยาวเท่ากับ 3 เท่าของความยาวช่วงของเสาจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L) บวกด้วยความกว้างของที่รองรับ ลบด้วยระยะหุ้มคอนกรีต บวกด้วย 2 เท่าของระยะงอขอ (12D) (บวกด้วยระยะทาบในกรณีที่มีการต่อทาบเกิดขึ้น)

ความยาวของเหล็กเสริมหลักของคานต่อเนื่อง 3 ช่วง

= 3 * L + 0.50 – 0.05 + 2*12D (+ ระยะทาบกรณีที่มีการต่อทาบ) เมตร (2.4.3)



รูปที่ 2.4.2 แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กเสริมของคานต่อเนื่อง 2 ช่วง



รูปที่ 2.4.3 แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กเสริมของคานต่อเนื่อง 3 ช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การคำนวณความยาวเหล็กเสริมหลักของคานแบบประมาณการ

ตามมาตรฐานของ วสท. กำหนดให้คิดความยาวของเหล็กเสริมคานดังนี้

- คิดความยาวจากศูนย์กลางที่รองรับถึงศูนย์กลางที่รองรับ หรือริมสุดคาน (กรณีเป็นคานช่วงสุดท้าย)

ความยาวของเหล็กเสริมหลักของคานช่วงเดี่ยวยาวเท่ากับ ความยาวช่วงของเสาจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L) บวกด้วยความกว้างของที่รองรับ ทั้งหมดคูณกับเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กเสริมหลักของคานช่วงเดี่ยวยาว

$$= (L + 0.50) * \text{เปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่ม} \qquad (2.4.4)$$

ส่วนความยาวของเหล็กเสริมหลักของคานต่อเนื่อง 2 ช่วง ยาวเท่ากับ 2 เท่าของความยาวช่วงของเสาจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L) บวกด้วยความกว้างของที่รองรับ ทั้งหมดคูณกับเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กเสริมหลักของคานต่อเนื่อง 2 ช่วง

$$= (2 * L + 0.50) * \text{เปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่ม} \qquad (2.4.5)$$

ส่วนความยาวของเหล็กเสริมหลักของคานต่อเนื่อง 3 ช่วง ยาวเท่ากับ 3 เท่าความยาวช่วงของเสาจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L) บวกด้วยความกว้างของที่รองรับ ทั้งหมดคูณกับเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กเสริมหลักของคานต่อเนื่อง 3 ช่วง

$$= (3 * L + 0.50) * \text{เปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่ม} \qquad (2.4.6)$$

<u>ตัวอย่างการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมหลักคาน</u>

กำหนดให้เหล็กเสริมหลักของคานเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม. เป็นคานช่วงเดี่ยว ความยาวช่วงของคานจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่งเท่ากับ 1 เมตร

ความยาวเหล็กเสริมหลักของคานแบบระเบียนการดัดเหล็ก

$$= 1 + 0.50 - 0.05 + 2 * 12 * 0.012 = 1.74 \text{ เมตร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวเหล็กเสริมหลักของคานแบบประมาณการ = (1 + 0.5) * 1.09 = 1.64 เมตร

ผลต่าง (Δ) = 1.64 – 1.74 = - 0.10 เมตร

% ผลต่าง (%Δ) = - 0.10 / 1.74 = - 5.75 %

ในที่นี้เราจะกำหนดให้ความยาวช่วงของเสาจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L) มีความยาวตั้งแต่ 1 – 10 เมตร โดยใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 12, 16, 20, 25, 28 และ 32 มม. จะได้ปริมาณเหล็กเสริมหลักของคานตามตารางที่ 2.4.1, 2.4.2 และ 2.4.3 สำหรับคานช่วงเดี่ยว คานต่อเนื่อง 2 ช่วง และคานต่อเนื่อง 3 ช่วง ตามลำดับ

จากการพิจารณารูปที่ 2.4.4, 2.4.5 และ 2.4.6 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของความยาวช่วงของคานกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมหลักของคานช่วงเดี่ยว คานต่อเนื่อง 2 ช่วง คานต่อเนื่อง 3 ช่วงตามลำดับ พบว่า

1. จุดที่สมควรพิจารณาคือจุดที่ความยาวช่วงรวมมีค่าประมาณ 12 เมตร เนื่องจากปริมาณเหล็กเสริมหลักของคานแบบประมาณการมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับปริมาณเหล็กเสริมหลักของคานแบบระเบียนการดัดเหล็ก ถึงแม้ว่าได้ทำการเลือกใช้เหล็กความยาวมาตรฐาน 12 เมตรก็ตาม

2. ที่ความยาวช่วงคานรวมต่ำกว่า 12 เมตรปริมาณเหล็กเสริมหลักของคานแบบประมาณการจะน้อยกว่าปริมาณเหล็กเสริมหลักของคานแบบระเบียนการดัดเหล็ก แต่ในทางปฏิบัติเราสามารถนำเศษเหล็กที่เกิดจากการตัดมาใช้ในโครงสร้างเหล่านี้ได้ เนื่องจากใช้เหล็กระยะสั้น ๆ

3. ส่วนช่วงคานที่มีความยาวรวมมากกว่า 12 เมตรจะมี % ผลต่างเพิ่มมากขึ้นจากจุดความยาวรวม 12 เมตร เป็นปริมาณที่เพียงพอที่จะเป็นส่วนที่เผื่อสำหรับเศษเหล็กและเศษเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4.1 แสดงปริมาณเหล็กเสริมหลักคานต่อเนื่อง 1 ช่วง

ความยาวช่วงเสา เมตร	กรณีใช้เหล็กยาวมาตรฐาน 10 เมตร ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก(เมตร)						กรณีใช้เหล็กยาวมาตรฐาน 12 เมตร ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก (เมตร)						ปริมาณเหล็กแบบประมาณการ (เมตร)					
	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32
1.00	1.74	1.83	1.93	2.05	2.12	2.22	1.74	1.83	1.93	2.05	2.12	2.22	1.64	1.67	1.70	1.73	1.73	1.73
2.00	2.74	2.83	2.93	3.05	3.12	3.22	2.74	2.83	2.93	3.05	3.12	3.22	2.73	2.78	2.83	2.88	2.88	2.88
3.00	3.74	3.83	3.93	4.05	4.12	4.22	3.74	3.83	3.93	4.05	4.12	4.22	3.82	3.89	3.96	4.03	4.03	4.03
4.00	4.74	4.83	4.93	5.05	5.12	5.22	4.74	4.83	4.93	5.05	5.12	5.22	4.91	5.00	5.09	5.18	5.18	5.18
5.00	5.74	5.83	5.93	6.05	6.12	6.22	5.74	5.83	5.93	6.05	6.12	6.22	6.00	6.11	6.22	6.33	6.33	6.33
6.00	6.74	6.83	6.93	7.05	7.12	7.22	6.74	6.83	6.93	7.05	7.12	7.22	7.09	7.22	7.35	7.48	7.48	7.48
7.00	7.74	7.83	7.93	8.05	8.12	8.22	7.74	7.83	7.93	8.05	8.12	8.22	8.18	8.33	8.48	8.63	8.63	8.63
8.00	8.74	8.83	8.93	9.05	9.12	9.22	8.74	8.83	8.93	9.05	9.12	9.22	9.27	9.44	9.61	9.78	9.78	9.78
9.00	9.74	9.83	9.93	11.05*	11.24*	11.50*	9.74	9.83	9.93	10.05	10.12	10.22	10.36	10.55	10.74	10.93	10.93	10.93
10.00	11.22*	11.47*	11.73*	12.05*	12.24*	12.50*	10.74	10.83	10.93	11.05	11.12	11.22	11.45	11.66	11.87	12.08	12.08	12.08

หมายเหตุ *มีการต่อทาบ 1 ครั้ง

ตารางที่ 2.4.2 แสดงปริมาณเหล็กเสริมหลักของคานต่อเนื่อง 2 ช่วง

ความยาวช่วงเสา เมตร	กรณีใช้เหล็กยาวมาตรฐาน 10 เมตร ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก(เมตร)						กรณีใช้เหล็กยาวมาตรฐาน 12 เมตร ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก (เมตร)						ปริมาณเหล็กแบบประมาณการ (เมตร)					
	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32
1.00	2.74	2.83	2.93	3.05	3.12	3.22	2.74	2.83	2.93	3.05	3.12	3.22	2.73	2.78	2.83	2.88	2.88	2.88
2.00	4.74	4.83	4.93	5.05	5.12	5.22	4.74	4.83	4.93	5.05	5.12	5.22	4.91	5.00	5.09	5.18	5.18	5.18
3.00	6.74	6.83	6.93	7.05	7.12	7.22	6.74	6.83	6.93	7.05	7.12	7.22	7.09	7.22	7.35	7.48	7.48	7.48
4.00	8.74	8.83	8.93	9.05	9.12	9.22	8.74	8.83	8.93	9.05	9.12	9.22	9.27	9.44	9.61	9.78	9.78	9.78
5.00	11.22	11.47	11.73	12.05	12.24	12.50	10.74	10.83	10.93	11.05	11.12	11.22	11.45	11.66	11.87	12.08	12.08	12.08
6.00	13.22	13.47	13.73	14.05	14.24	14.50	13.22	13.47	13.73	14.05	14.24	14.50	13.63	13.88	14.13	14.38	14.38	14.38
7.00	15.22	15.47	15.73	16.05	16.24	16.50	15.22	15.47	15.73	16.05	16.24	16.50	15.81	16.10	16.39	16.68	16.68	16.68
8.00	17.22	17.47	17.73	18.05	18.24	18.50	17.22	17.47	17.73	18.05	18.24	18.50	17.99	18.32	18.65	18.98	18.98	18.98
9.00	19.22	19.47	19.73	20.05	20.24	20.50	19.22	19.47	19.73	20.05	20.24	20.50	20.17	20.54	20.91	21.28	21.28	21.28
10.00	21.70	22.11	22.53	23.05	23.36	23.78	21.22	21.47	21.73	22.05	22.24	22.50	22.35	22.76	23.17	23.58	23.58	23.58

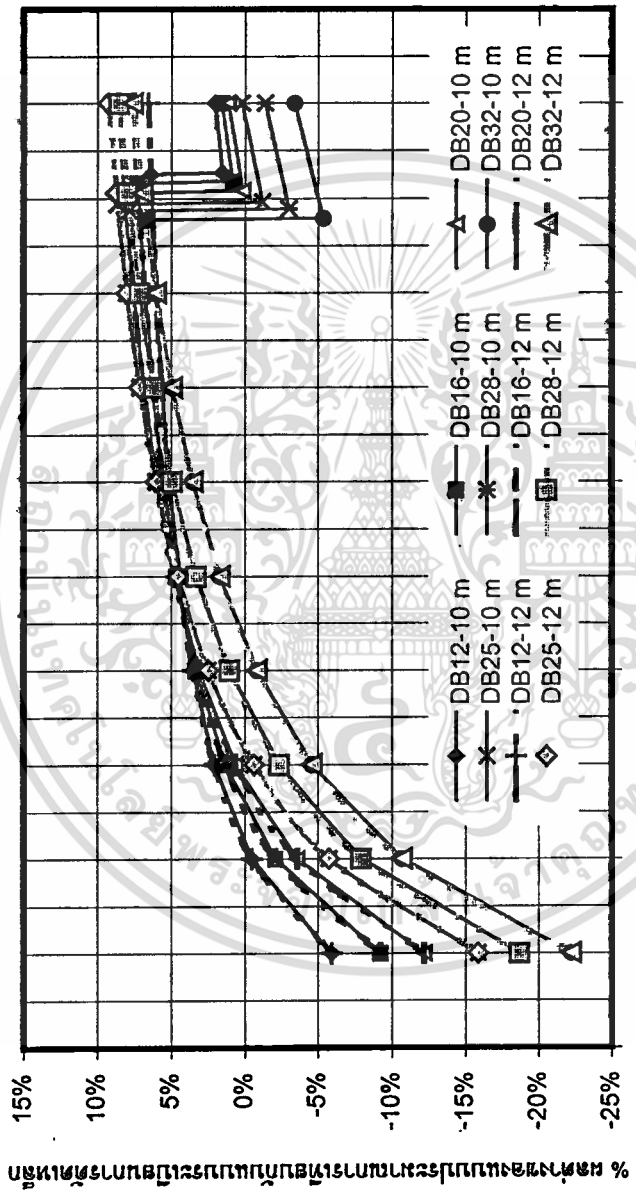
ตารางที่ 2.4.3 แสดงปริมาณเหล็กเสริมหลักของคานต่อเนื่อง 3 ช่วง

ความยาวช่วงเสา เมตร	กรณีใช้เหล็กยาวมาตรฐาน 10 เมตร ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก(เมตร)						กรณีใช้เหล็กยาวมาตรฐาน 12 เมตร ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก (เมตร)						ปริมาณเหล็กแบบประมาณการ (เมตร)					
	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32
1.00	3.74	3.83	3.93	4.05	4.12	4.22	3.74	3.83	3.93	4.05	4.12	4.22	3.82	3.89	3.96	4.03	4.03	4.03
2.00	6.74	6.83	6.93	7.05	7.12	7.22	6.74	6.83	6.93	7.05	7.12	7.22	7.09	7.22	7.35	7.48	7.48	7.48
3.00	9.74	9.83	9.93	11.05*	11.24*	11.50*	9.74	9.83	9.93	10.05	10.12	10.22	10.36	10.55	10.74	10.93	10.93	10.93
4.00	13.22*	13.47*	13.73*	14.05*	14.24*	14.50*	13.22*	13.47*	13.73*	14.05*	14.24*	14.50*	13.63	13.88	14.13	14.38	14.38	14.38
5.00	16.22*	16.47*	16.73*	17.05*	17.24*	17.50*	16.22*	16.47*	16.73*	17.05*	17.24*	17.50*	16.90	17.21	17.52	17.83	17.83	17.83
6.00	19.22*	19.47*	19.73*	20.05**	20.24**	20.50**	19.22*	19.47*	19.73*	20.05*	20.24*	20.50*	20.17	20.54	20.91	21.28	21.28	21.28
7.00	22.70**	23.11**	23.53**	24.05**	24.36**	24.78**	22.22	22.47*	22.73*	23.05*	23.24*	23.50*	23.44	23.87	24.30	24.73	24.73	24.73
8.00	25.70**	26.11**	26.53**	27.05**	27.36**	27.78**	25.70**	26.11**	26.53**	27.05**	37.36**	27.78**	26.71	27.20	27.69	28.18	28.18	28.18
9.00	28.70**	29.11**	29.53**	30.05***	30.36***	30.78***	28.70**	29.11**	29.53**	30.05**	30.36**	30.78**	29.98	30.53	31.08	31.63	31.63	31.63
10.00	32.18***	32.75***	33.33***	34.05***	34.48***	35.06***	31.70**	32.11**	32.53**	33.53**	33.36**	33.78**	33.25	33.86	34.47	35.08	35.08	35.08

หมายเหตุ *มีการต่อทาบ 1 ครั้ง

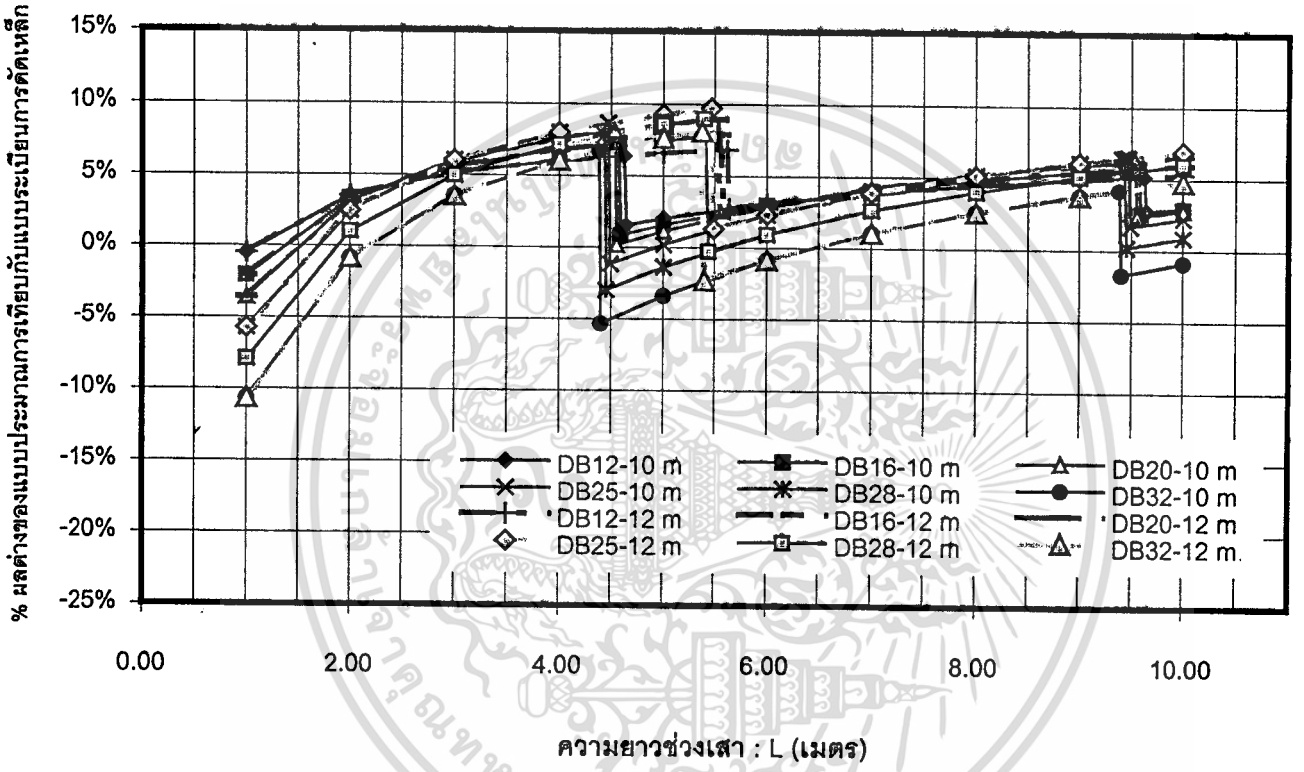
**มีการต่อทาบ 2 ครั้ง

***มีการต่อทาบ 3 ครั้ง

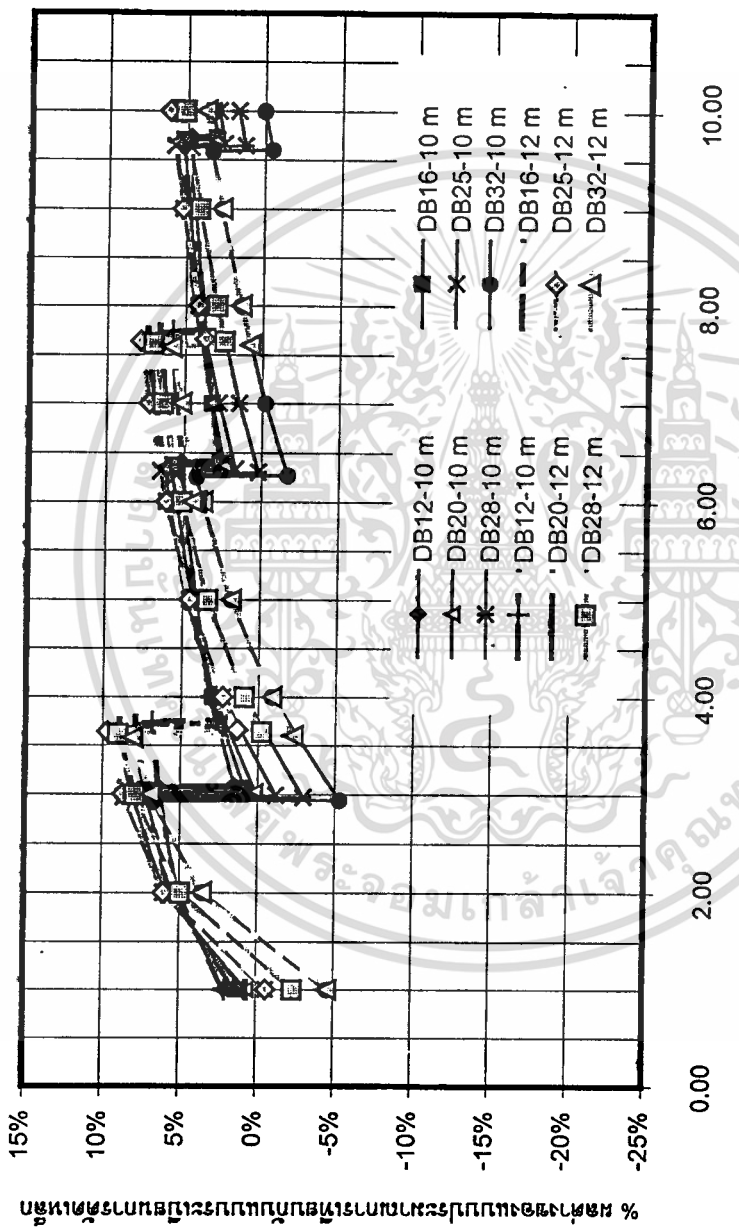


รูปที่ 2.4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงกับ % ผลต่าง ของปริมาณเหล็กเสริมหลักของคานช่วงเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงกับ % ผลต่าง ของปริมาณเหล็กเสริมหลักคานต่อเนื่อง 2 ช่วง

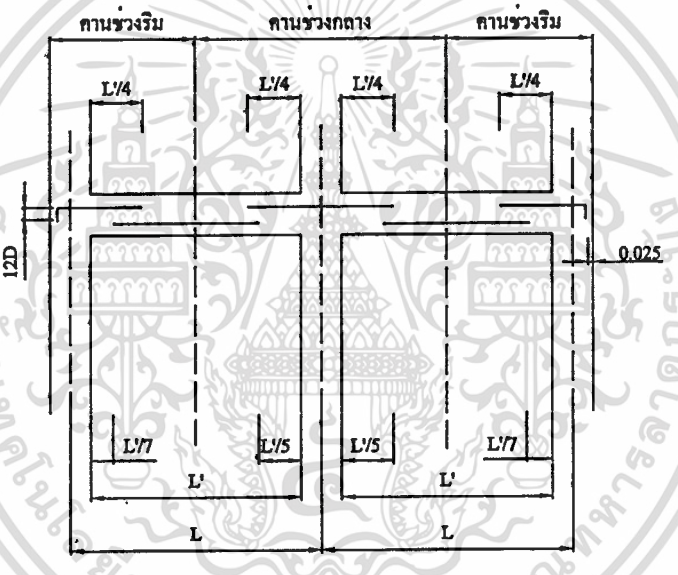


รูปที่ 2.4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมหลักของคานต่อเนื่อง 3 ช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 เหล็กเสริมพิเศษ

ในคานจะมีการเสริมเหล็กเสริมพิเศษเพื่อใช้รับแรงดึงในบริเวณที่รองรับ และกึ่งกลางของช่วงคานทั้งด้านบนและด้านล่าง โดยกำหนดให้ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษรับแรงดึงเป็นไปตามรูปที่ 2.4.1, 2.4.2 และ 2.4.3 สำหรับคานช่วงเดี่ยว คานต่อเนื่อง 2 ช่วง และคานต่อเนื่อง 3 ช่วงตามลำดับ ส่วนระยะการงอขอกำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐานของ วสท. คือเป็นการงอมุมฉากที่มีระยะยื่นของเหล็กเท่ากับ 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กสำหรับส่วนที่เป็นเหล็กรับแรงดึงที่อยู่บริเวณริมสุดของคาน



รูปที่ 2.4.7 แสดงระยะการคำนวณเหล็กเสริมพิเศษของคาน

โดยในการพิจารณาเหล็กเสริมพิเศษของคานเราจะแบ่งออกเป็น 2 บริเวณดังรูปที่ 2.4.7 คือ

1.เหล็กเสริมพิเศษบริเวณริมสุดของคานในกรณีที่เป็นคานช่วงสุดท้าย

2.เหล็กเสริมพิเศษบริเวณกลางช่วงของช่วงที่รองรับ

ดังนั้นเราสามารถพิจารณาปริมาณของเหล็กเสริมพิเศษทั้งกรณีเป็นคานช่วงเดี่ยวหรือคานต่อเนื่องก็ได้ โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษคานช่วงเดี่ยว เท่ากับ 2 เท่าของปริมาณเหล็กเสริมพิเศษบริเวณริมสุดของคาน

ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษคานต่อเนื่อง 2 ช่วง เท่ากับ 2 เท่าของปริมาณเหล็กเสริมพิเศษบริเวณริมสุดของคาน บวกด้วยปริมาณเหล็กเสริมพิเศษบริเวณกลางช่วงของที่รองรับ

ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษคานต่อเนื่อง 3 ช่วง เท่ากับ 2 เท่าของปริมาณเหล็กเสริมพิเศษบริเวณริมสุดของคาน บวกด้วย 2 เท่าของปริมาณเหล็กเสริมพิเศษบริเวณกลางช่วงของที่รองรับ

เพื่อความสะดวกในการพิจารณาจึงขอกำหนดสมมุติฐานดังต่อไปนี้

สมมุติฐาน
1.ความยาวช่วงของคานมีความยาวเท่ากันทุกช่วง
2.ที่รองรับมีขนาดกว้าง 0.50 เมตร
3.ระยะงอขอเป็น 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริม
4.ขนาดของเหล็กเสริมพิเศษมีขนาดเท่ากันทั้งเหล็กเสริมพิเศษบนและเหล็กเสริมพิเศษล่าง
5.จำนวนของเหล็กเสริมพิเศษมีจำนวนเท่ากันทั้งเหล็กเสริมพิเศษบนและเหล็กเสริมพิเศษล่าง

1.การวัดปริมาณเหล็กเสริมพิเศษของคานแบบระเบียนการดัดเหล็ก

สำหรับการคิดความยาวของเหล็กเสริมพิเศษของคานจะพิจารณาตามรูปที่ 2.4.7 โดยที่

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบนช่วงริมสุดของคาน เท่ากับ $\frac{1}{4}$ เท่าของระยะความยาวช่วงของคานจากขอบด้านในของที่รองรับถึงขอบด้านในอีกด้านหนึ่งของที่รองรับ (L') บวกด้วยความกว้างของที่รองรับ ลบด้วยระยะหุ้มของคอนกรีต บวกด้วย 2 เท่าของระยะงอขอ (12D)

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบนช่วงริมสุดของคาน

$$= (L' / 4) + 0.50 - 0.05 + 2*12D \qquad (2.4.7)$$

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบนช่วงกลางของคาน เท่ากับ $\frac{1}{2}$ เท่าของระยะความยาวช่วงของคานจากขอบด้านในของที่รองรับถึงขอบด้านในอีกด้านหนึ่งของที่รองรับ (L') บวกด้วยความกว้างของที่รองรับ

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบนช่วงกลางของคาน

$$= 2 * (L' / 4) + 0.50 \qquad (2.4.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษล่างช่วงริมสุดของคาน เท่ากับ ½ เท่าของระยะความยาวช่วงของคานตั้งแต่ขอบในของที่รองรับถึงขอบในของที่รองรับ (L') คูณด้วย 5/7

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษล่างช่วงริมสุดของคาน

$= \frac{1}{2} * L' * 5/7$ (2.4.9)

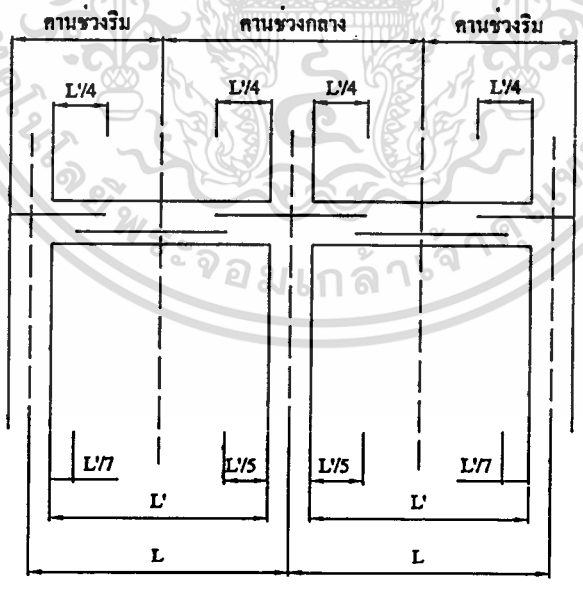
ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษล่างช่วงกลางของคาน เท่ากับ 3/5 เท่าของระยะความยาวช่วงของคานตั้งแต่ขอบในของที่รองรับถึงขอบในของที่รองรับ (L')

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษล่างช่วงกลางของคาน = 3/5 * L' (2.4.10)

2.การวัดปริมาณเหล็กเสริมพิเศษของคานแบบประมาณการ

ตามมาตรฐานของ วสท. กำหนดให้คิดความยาวของเหล็กเสริมพิเศษคานดังนี้

- ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษให้คิดตามแบบที่แสดง



รูปที่ 2.4.8 แสดงระยะการคำนวณเหล็กเสริมพิเศษของคานแบบประมาณการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการคิดความยาวของเหล็กเสริมพิเศษของคานจะพิจารณาตามรูปที่ 2.4.8 โดยที่

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบนช่วงริมสุดของคาน เท่ากับ ¼ เท่าของระยะความยาวช่วงของคานตั้งแต่ขอบในของที่รองรับถึงขอบในของที่รองรับ (L') บวกด้วยความกว้างของที่รองรับทั้งหมดคูณด้วยเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบนช่วงริมสุดของคาน

$$= (1/4 * L' + 0.5) * \%\text{ เหล็กเพิ่ม} \qquad (2.4.11)$$

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบนช่วงกลางของคาน เท่ากับ ½ เท่าของระยะความยาวช่วงของคานตั้งแต่ขอบในของที่รองรับถึงขอบในของที่รองรับ (L') บวกด้วยความกว้างของที่รองรับทั้งหมดคูณด้วยเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบนช่วงกลางของคาน

$$= (1/2 * L' + 0.50) * \%\text{ เหล็กเพิ่ม} \qquad (2.4.12)$$

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษล่างช่วงริมสุดของคาน เท่ากับ ½ เท่าของระยะความยาวช่วงของคานตั้งแต่ขอบในของที่รองรับถึงขอบในของที่รองรับ (L') คูณด้วย 5/7 ทั้งหมดคูณด้วยเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษล่างช่วงริมสุดของคาน

$$= (1/2 * L' * 5/7) * \%\text{ เหล็กเพิ่ม} \qquad (2.4.13)$$

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษล่างช่วงกลางของคาน เท่ากับ 3/5 เท่าของระยะความยาวช่วงของคานตั้งแต่ขอบในของที่รองรับถึงขอบในของที่รองรับ (L') คูณด้วยเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษล่างช่วงกลางของคาน

$$= (3/5 * L') * \quad \%\text{ เหล็กเพิ่ม} \qquad (2.4.14)$$

<u>ตัวอย่างการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมพิเศษของคาน</u>

กำหนดให้เหล็กเสริมพิเศษเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม. ความยาวจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงอีกจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L) เท่ากับ 1 เมตร ความกว้างของเสาที่รองรับ 0.50 เมตร เป็นคานต่อเนื่อง 2 ช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษแบบระเบียนการดัดเหล็ก

ในที่นี้ปริมาณของเหล็กเสริมพิเศษของคานต่อเนื่อง 2 ช่วง เท่ากับ 2 เท่าของปริมาณเหล็กเสริมพิเศษช่วงริม บวกกับปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตช่วงกลางคาน

ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษช่วงริม

= เหล็กเสริมพิเศษบนช่วงริม + เหล็กเสริมพิเศษล่างช่วงริม

= [(L' / 4) + 0.50 – 0.05 + 12*D] + [1/2 * L' * 5/7]

= [(1.0 – 0.5)/4 + 0.45 + 12*0.012] + [1/2 * ((1.0 –0.5) * 5 / 7]

= 0.72 + 0.18

= 0.90 เมตร

ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษช่วงกลางคาน

= เหล็กเสริมพิเศษบนช่วงกลางคาน + เหล็กเสริมพิเศษล่างช่วงกลางคาน

= [2* L' / 4 + 0.50] + [L' * 3/5]

= [2 * (1.0 – 0.5)/4 + 0.50] + [(1.0 – 0.5) * 3/5]

= 0.75 + 0.30

=1.05 เมตร

ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษของคานต่อเนื่อง 2 ช่วง เท่ากับ 2 เท่าของปริมาณเหล็กเสริมพิเศษช่วงริม บวกกับปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตช่วงกลางคาน

= 2 * 0.90 + 1.05

= 2.85 เมตร

ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษแบบประมาณการ

ในที่นี้ปริมาณของเหล็กเสริมพิเศษของคานต่อเนื่อง 2 ช่วง เท่ากับ 2 เท่าของปริมาณเหล็กเสริมพิเศษช่วงริม บวกกับปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตช่วงกลางคาน

ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษช่วงริม

= เหล็กเสริมพิเศษบนช่วงริม + เหล็กเสริมพิเศษล่างช่วงริม

= [1/4 *L'+ 0.50) * % เหล็กเพิ่ม] + [(1/2 * L' * 5/7) * % เหล็กเพิ่ม]

= [((1.0 – 0.5)/4 + 0.50) * 1.09] + [(1/2 * ((1.0 –0.5) * 5 / 7) * 1.09]

= 0.69 + 0.19 = 0.88 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษช่วงกลางคาน

= เหล็กเสริมพิเศษบนช่วงกลางคาน + เหล็กเสริมพิเศษล่างช่วงกลางคาน

= [1/2 * L' + 0.50) * % เหล็กเพิ่ม] + [(L' * 3/5) * % เหล็กเพิ่ม]

= [1/2 * (1.0 – 0.5) + 0.50) * 1.09] + [((1.0 – 0.5) * 3/5) * 1.09]

= 0.82 + 0.32 = 1.14 เมตร

ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษของคานต่อเนื่อง 2 ช่วง เท่ากับ 2 เท่าของปริมาณเหล็กเสริมพิเศษช่วงริม บวกกับปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตช่วงกลางคาน

= 2 * 0.88 + 1.14 = 2.90 เมตร

ผลต่าง Δ= 2.90 – 2.85 = 0.05 เมตร

% ผลต่าง %Δ = 0.05 / 2.85 = 1.80 %

ในที่นี้เราทำการวิเคราะเหล็กเสริมพิเศษของคาน โดยสมมุติให้มีความยาวช่วงของคานมีความยาวจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่งตั้งแต่ 1 – 10 เมตร โดยใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 12, 16, 20, 25, 28 และ 32 มม. จะได้ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษตามตารางที่ 2.4.4, 2.4.5 และ 2.4.6 สำหรับคานช่วงเดี่ยว คานต่อเนื่อง 2 ช่วงและคานต่อเนื่อง 3 ช่วงตามลำดับ

พิจารณารูปที่ 2.4.9, 2.4.10 และ 2.4.11 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของความยาวช่วงของคานกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพิเศษแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กสำหรับคานช่วงเดี่ยว คานต่อเนื่อง 2 ช่วงและคานต่อเนื่อง 3 ช่วงตามลำดับพบว่า

1. ปริมาณของเหล็กเสริมพิเศษแบบประมาณการจะมีค่ามากกว่าปริมาณเหล็กเสริมพิเศษแบบระเบียนการดัดเหล็กตั้งแต่ความยาวช่วง 1, 2 และ 3 เมตร ของคานช่วงเดี่ยว, คานต่อเนื่อง 2 ช่วง และคานต่อเนื่อง 3 ช่วงตามลำดับ

2. เมื่อความยาวช่วงของคานมีขนาดยาวขึ้น ปริมาณของเหล็กเสริมพิเศษแบบประมาณการก็จะยิ่งมากขึ้นเมื่อเทียบกับปริมาณเหล็กเสริมพิเศษแบบระเบียนการดัดเหล็ก เนื่องจากปริมาณเหล็กเพิ่มที่เกิดจากเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มมีค่าเพิ่มขึ้น

3. ค่าความชันของเหล็กที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีความชันมากกว่าเหล็กที่มีขนาดเล็ก เนื่องมากจากเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มของเหล็กขนาดใหญ่มีค่ามากกว่าเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มของเหล็กขนาดเล็ก จึงทำให้เส้นกราฟของเหล็กที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตัดเส้นกราฟของเหล็กที่มีขนาดเล็กกว่า ยกเว้นเหล็กที่มีขนาดตั้งแต่ 25 มม. ขึ้นไปจะไม่เกิดการตัดกันเองของเส้นกราฟเนื่องมากจากมีค่าเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4.4 แสดงปริมาณของเหล็กเสริมพิเศษของคานช่วงเดี่ยว

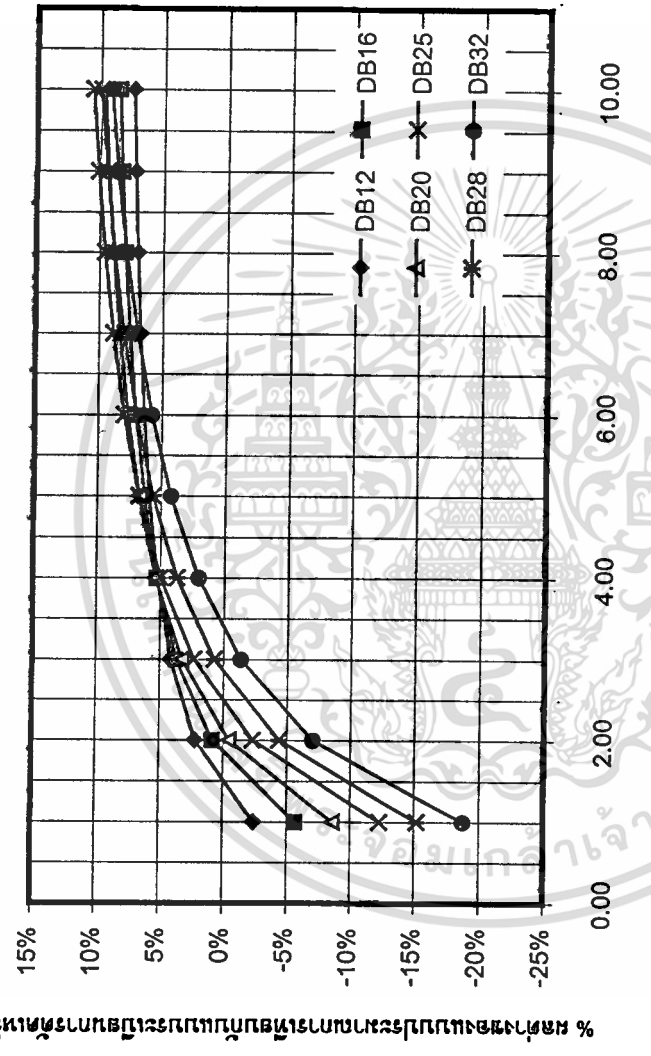
ความยาวช่วงเสา เมตร	ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก(เมตร)						ปริมาณเหล็กแบบประมาณการ (เมตร)						% ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพิเศษแบบประมาณเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็ก					
	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32
1.00	1.80	1.89	1.99	2.11	2.18	2.28	1.75	1.78	1.82	1.85	1.85	1.85	-2.42%	-5.67%	-8.61%	-12.29%	-15.19%	-18.76%
2.00	3.01	3.11	3.20	3.32	3.39	3.49	3.08	3.13	3.19	3.24	3.24	3.24	2.19%	0.85%	-0.41%	-2.31%	-4.38%	-7.02%
3.00	4.22	4.32	4.42	4.54	4.61	4.70	4.40	4.48	4.56	4.64	4.64	4.64	4.15%	3.70%	3.28%	2.32%	0.72%	-1.33%
4.00	5.44	5.53	5.63	5.75	5.82	5.92	5.72	5.83	5.93	6.04	6.04	6.04	5.23%	5.30%	5.37%	5.00%	3.70%	2.02%
5.00	6.65	6.75	6.84	6.96	7.04	7.13	7.05	7.18	7.30	7.43	7.43	7.43	5.92%	6.33%	6.73%	6.74%	5.65%	4.23%
6.00	7.87	7.96	8.06	8.18	8.25	8.35	8.37	8.52	8.68	8.83	8.83	8.83	6.40%	7.04%	7.67%	7.97%	7.03%	5.80%
7.00	9.08	9.18	9.27	9.39	9.46	9.56	9.69	9.87	10.05	10.23	10.23	10.23	6.74%	7.56%	8.37%	8.88%	8.05%	6.97%
8.00	10.30	10.39	10.49	10.61	10.68	10.78	11.02	11.22	11.42	11.62	11.62	11.62	7.01%	7.97%	8.91%	9.58%	8.84%	7.87%
9.00	11.51	11.61	11.70	11.82	11.89	11.99	12.34	12.57	12.79	13.02	13.02	13.02	7.22%	8.28%	9.33%	10.14%	9.47%	8.59%
10.00	12.72	12.82	12.92	13.04	13.11	13.20	13.66	13.91	14.17	14.42	14.42	14.42	7.39%	8.54%	9.68%	10.59%	9.98%	9.18%

ตารางที่ 2.4.5 แสดงปริมาณของเหล็กเสริมพิเศษของคานต่อเนื่อง 2 ช่วง

ความยาวช่วงเสาเมตร	ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก(เมตร)						ปริมาณเหล็กแบบประมาณการ (เมตร)						% ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพิเศษแบบประมาณเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็ก					
	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32
1.00	2.85	2.94	3.04	3.16	3.23	3.33	2.90	2.95	3.00	3.06	3.06	3.06	1.80%	0.28%	-1.14%	-3.21%	-5.37%	-8.10%
2.00	5.16	5.26	5.35	5.47	5.54	5.64	5.42	5.52	5.62	5.72	5.72	5.72	5.03%	5.00%	4.98%	4.49%	3.13%	1.38%
3.00	7.47	7.57	7.67	7.79	7.86	7.95	7.94	8.09	8.23	8.38	8.38	8.38	6.26%	6.84%	7.40%	7.61%	6.63%	5.34%
4.00	9.79	9.88	9.98	10.10	10.17	10.27	10.46	10.66	10.85	11.04	11.04	11.04	6.91%	7.81%	8.70%	9.31%	8.53%	7.52%
5.00	12.10	12.20	12.29	12.41	12.49	12.58	12.99	13.22	13.46	13.70	13.70	13.70	7.31%	8.42%	9.51%	10.37%	9.73%	8.89%
6.00	14.42	14.51	14.61	14.73	14.80	14.90	15.51	15.79	16.08	16.36	16.36	16.36	7.58%	8.83%	10.06%	11.10%	10.56%	9.84%
7.00	16.73	16.83	16.92	17.04	17.11	17.21	18.03	18.36	18.69	19.02	19.02	19.02	7.78%	9.13%	10.46%	11.63%	11.16%	10.54%
8.00	19.05	19.14	19.24	19.36	19.43	19.53	20.55	20.93	21.31	21.69	21.69	21.69	7.92%	9.35%	10.77%	12.03%	11.61%	11.07%
9.00	21.36	21.46	21.55	21.67	21.74	21.84	23.08	23.50	23.92	24.35	24.35	24.35	8.04%	9.53%	11.01%	12.35%	11.97%	11.48%
10.00	23.67	23.77	23.87	23.99	24.06	24.15	25.60	26.07	26.54	27.01	27.01	27.01	8.13%	9.67%	11.20%	12.60%	12.27%	11.82%

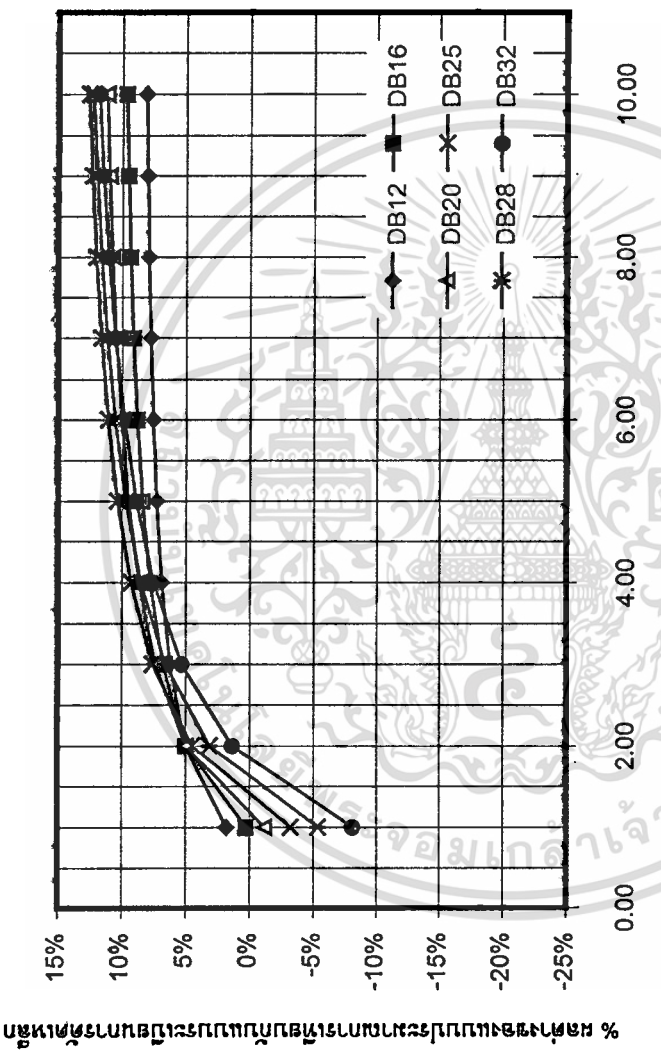
ตารางที่ 2.4.6 แสดงปริมาณของเหล็กเสริมพิเศษของคานต่อเนื่อง 3 ช่วง

ความยาวช่วงเสาเมตร	ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก(เมตร)						ปริมาณเหล็กแบบประมาณการ (เมตร)						% ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพิเศษแบบประมาณเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็ก					
	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32
1.00	3.90	3.99	4.09	4.21	4.28	4.38	4.04	4.11	4.19	4.26	4.26	4.26	3.74%	3.10%	2.49%	1.33%	-0.37%	-2.56%
2.00	7.31	7.41	7.50	7.62	7.69	7.79	7.76	7.90	8.05	8.19	8.19	8.19	6.20%	6.74%	7.28%	7.46%	6.45%	5.14%
3.00	10.72	10.82	10.92	11.04	11.11	11.20	11.48	11.69	11.91	12.12	12.12	12.12	7.09%	8.09%	9.07%	9.79%	9.08%	8.14%
4.00	14.14	14.23	14.33	14.45	14.52	14.62	15.21	15.48	15.76	16.04	16.04	16.04	7.55%	8.79%	10.00%	11.02%	10.47%	9.74%
5.00	17.55	17.65	17.74	17.86	17.94	18.03	18.93	19.27	19.62	19.97	19.97	19.97	7.83%	9.21%	10.58%	11.78%	11.33%	10.74%
6.00	20.97	21.06	21.16	21.28	21.35	21.45	22.65	23.06	23.48	23.90	23.90	23.90	8.02%	9.50%	10.97%	12.30%	11.92%	11.42%
7.00	24.38	24.48	24.57	24.69	24.76	24.86	26.37	26.85	27.34	27.82	27.82	27.82	8.16%	9.71%	11.25%	12.67%	12.34%	11.91%
8.00	27.80	27.89	27.99	28.11	28.18	28.28	30.09	30.64	31.20	31.75	31.75	31.75	8.26%	9.87%	11.47%	12.95%	12.67%	12.28%
9.00	31.21	31.31	31.40	31.52	31.59	31.69	33.81	34.43	35.05	35.67	35.67	35.67	8.34%	9.99%	11.63%	13.18%	12.92%	12.58%
10.00	34.62	34.72	34.82	34.94	35.01	35.10	37.53	38.22	38.91	39.60	39.60	39.60	8.41%	10.09%	11.77%	13.35%	13.12%	12.81%



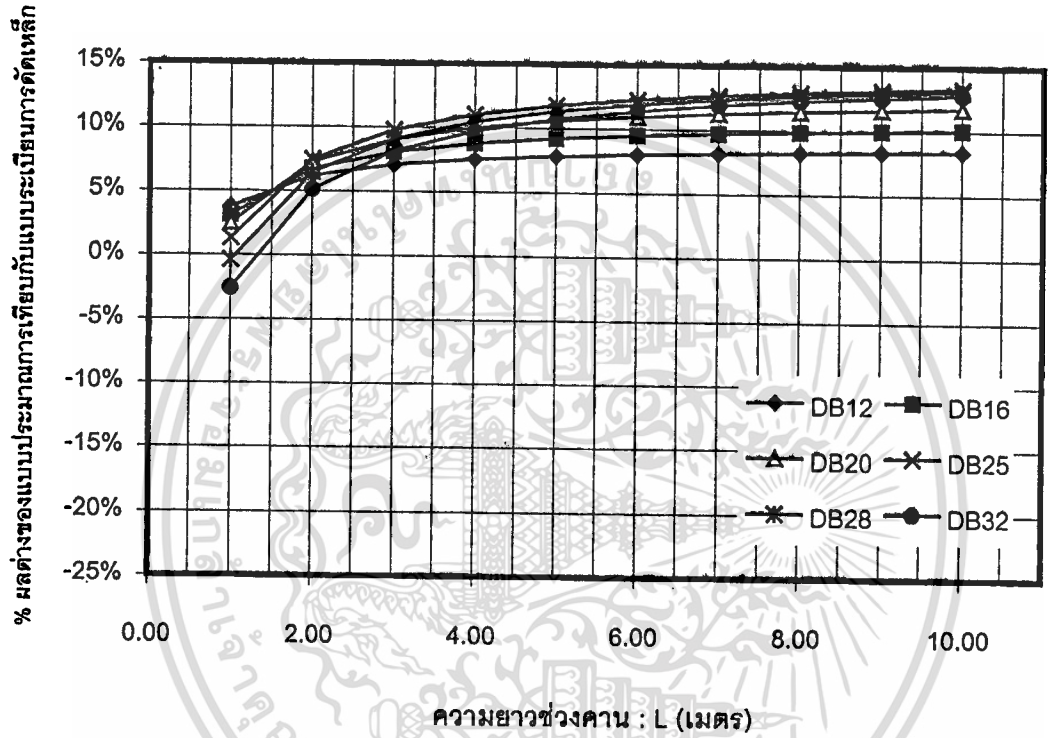
รูปที่ 2.4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงกับ % ผลต่างของเหล็กเสริมพิเศษในความช่วงเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงกับ % ผลต่าง
ของโมเมนต์ดัดพิเศษในคานต่อเนื่อง 2 ช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงกับ % ผลต่างของเหล็กเสริมพิเศษในคานต่อเนื่อง 3 ช่วง

โดยปกติในคานทั่วไปมักจะมีการเสริมเหล็กทั้งเหล็กเสริมหลักและเหล็กเสริมพิเศษดังนั้น จึงได้ทำการพิจารณาปริมาณของเหล็กเสริมหลักเมื่อรวมกับเหล็กพิเศษโดยมีสมมุติฐานดังนี้

สมมุติฐาน 1. ขนาดของเหล็กเสริมหลักและเหล็กเสริมพิเศษมีขนาดเท่ากัน

2. จำนวนของเหล็กเสริมหลักมีจำนวนเป็น 2 เท่าของจำนวนเหล็กเสริมพิเศษ

3. ความยาวช่วงแต่ละช่วงของคานมีความยาวเท่ากัน

ในที่นี้เราจะทำการวิเคราะห์เหล็กเสริมทั้งหมดของคาน โดยสมมุติคานที่มีความยาวช่วงจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับตั้งแต่ 1 – 10 เมตร ใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 12, 16, 20, 25, 28 และ 32 มม.จะได้ปริมาณเหล็กเสริมตามตารางที่ 2.4.7, 2.4.8 และ 2.4.9 สำหรับคานช่วงเดี่ยว, คานต่อเนื่อง 2 ช่วง และ คานต่อเนื่อง 3 ช่วงตามลำดับ

จากการพิจารณารูปที่ 2.4.12, 2.4.13 และ 2.4.14 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงของคานกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมหลักเมื่อรวมกับเหล็กเสริมพิเศษของคานช่วงเดี่ยว, คานต่อเนื่อง 2 ช่วง และคานต่อเนื่อง 3 ช่วง ตามลำดับ พบว่า

1. เปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็ก (%Δ) ของเหล็กเสริมในกรณีเมื่อรวมเหล็กเสริมพิเศษจะค่อย ๆ เพิ่มปริมาณมากขึ้นตามความยาวช่วงของคาน เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีเหล็กเสริมพิเศษ

2. ในช่วงที่เกิดการต่อทาบ ค่า %Δจะเพิ่มขึ้นมากการกรณีที่ไม่รวมเหล็กเสริมพิเศษ ทำให้ช่วงห่างของการใช้เหล็กยาว 10 เมตร และ 12 เมตร ลดลง เนื่องจากปริมาณของเหล็กเสริมพิเศษแบบประมาณการมากกว่าปริมาณเหล็กเสริมพิเศษแบบระเบียนการดัดเหล็ก

3. ที่ความยาวช่วงคานต่ำกว่า 3 เมตรปริมาณเหล็กเสริมหลักของคานแบบประมาณการจะน้อยกว่าปริมาณเหล็กเสริมหลักของคานแบบระเบียนการดัดเหล็ก แต่ในทางปฏิบัติเราสามารถนำเศษเหล็กที่เกิดจากการตัดมาใช้ในโครงสร้างเหล่านี้ได้ เนื่องจากใช้เหล็กระยะสั้น ๆ

4. ส่วนช่วงคานที่มีความยาวมากกว่า 3 เมตรจะมี % ผลต่างเพิ่มมากขึ้นจากจุดความยาวรวม 12 เมตร เป็นปริมาณที่เพียงพอที่จะเป็นส่วนที่เผื่อสำหรับเศษเหล็กและเศษเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4.7 แสดงความยาวของคานช่วงเดี่ยวเมื่อรวมเหล็กเสริมพิเศษ

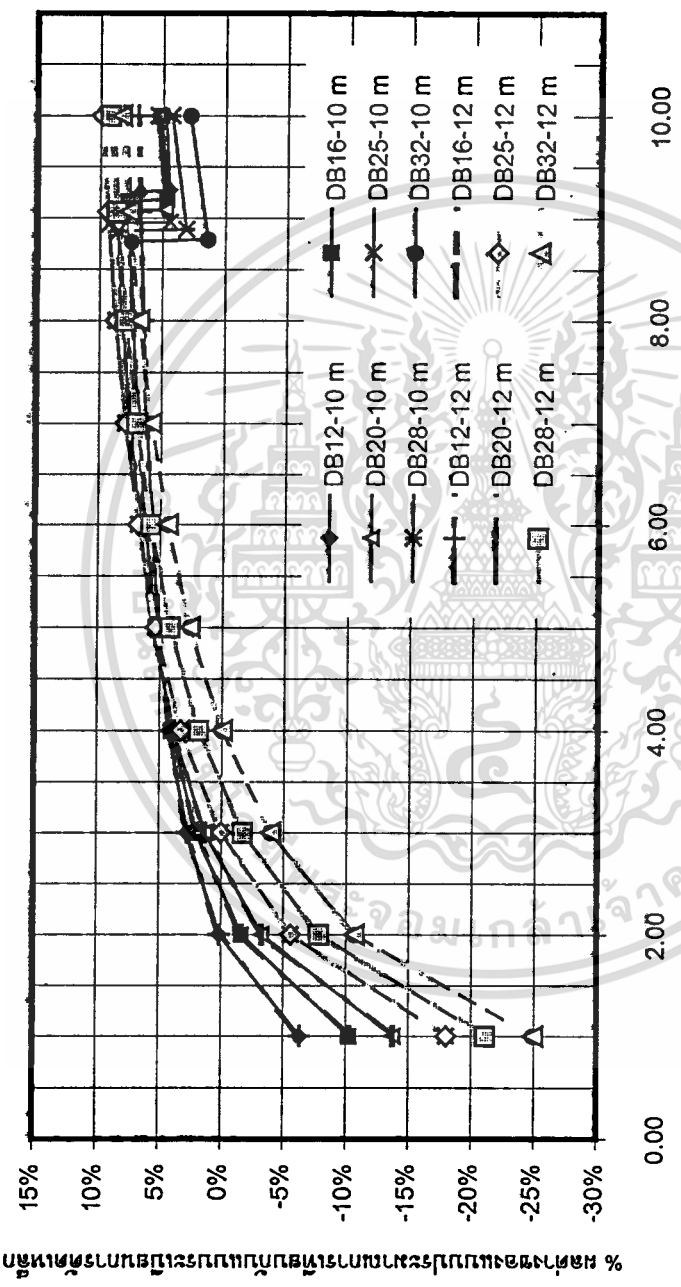
ความยาวช่วงเสา เมตร	กรณีใช้เหล็กยาวมาตรฐาน 10 เมตร						กรณีใช้เหล็กยาวมาตรฐาน 12 เมตร						ปริมาณเหล็กแบบประมาณการ (เมตร)					
	ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก(เมตร)						ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก (เมตร)											
	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32
1.00	4.77	5.06	5.35	5.71	5.92	6.21	4.77	5.06	5.35	5.71	5.92	6.21	4.48	4.56	4.64	4.72	4.72	4.72
2.00	7.99	8.27	8.56	8.92	9.14	9.43	7.99	8.27	8.56	8.92	9.14	9.43	7.98	8.13	8.27	8.42	8.42	8.42
3.00	11.20	11.49	11.78	12.14	12.35	12.64	11.20	11.49	11.78	12.14	12.35	12.64	11.48	11.69	11.91	12.12	12.12	12.12
4.00	14.41	14.70	14.99	15.35	15.57	15.85	14.41	14.70	14.99	15.35	15.57	15.85	14.99	15.26	15.54	15.81	15.81	15.81
5.00	17.63	17.92	18.20	18.56	18.78	19.07	17.63	17.92	18.20	18.56	18.78	19.07	18.49	18.83	19.17	19.51	19.51	19.51
6.00	20.84	21.13	21.42	21.78	21.99	22.28	20.84	21.13	21.42	21.78	21.99	22.28	21.99	22.40	22.80	23.21	23.21	23.21
7.00	24.06	24.34	24.63	24.99	25.21	25.50	24.06	24.34	24.63	24.99	25.21	25.50	25.50	25.97	26.43	26.90	26.90	26.90
8.00	27.27	27.56	27.85	28.21	28.42	28.71	27.27	27.56	27.85	28.21	28.42	28.71	29.00	29.53	30.07	30.60	30.60	30.60
9.00	30.68	30.97	31.25	33.61	34.07	34.68	30.68	30.97	31.25	31.61	31.83	32.12	32.72	33.32	33.92	34.52	34.52	34.52
10.00	34.66	35.27	35.88	36.64	37.09	37.70	33.70	33.99	34.28	34.64	34.85	35.14	36.01	36.67	37.33	37.99	37.99	37.99

ตารางที่ 2.4.8 แสดงความยาวของเหล็กเสริมหลักรวมเหล็กเสริมพิเศษของคานต่อเนื่อง 2 ช่วง

ความยาวช่วงคาน เมตร	กรณีใช้เหล็กยาวมาตรฐาน 10 เมตร ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก(เมตร)						กรณีใช้เหล็กยาวมาตรฐาน 12 เมตร ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก (เมตร)						ปริมาณเหล็กแบบประมาณการ (เมตร)					
	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32
1.00	7.45	7.73	8.02	8.38	8.60	8.89	7.45	7.73	8.02	8.38	8.60	8.89	7.39	7.53	7.66	7.80	7.80	7.80
2.00	13.51	13.80	14.09	14.45	14.66	14.95	13.51	13.80	14.09	14.45	14.66	14.95	14.00	14.26	14.52	14.77	14.77	14.77
3.00	19.57	19.86	20.15	20.51	20.73	21.01	19.57	19.86	20.15	20.51	20.73	21.01	20.61	20.99	21.37	21.75	21.75	21.75
4.00	25.64	25.93	26.22	26.58	26.79	27.08	25.64	25.93	26.22	26.58	26.79	27.08	27.22	27.72	28.22	28.72	28.72	28.72
5.00	32.663	33.271	33.879	34.639	35.095	35.703	31.703	31.991	32.279	32.639	32.855	33.143	33.833	34.454	35.074	35.695	35.695	35.695
6.00	38.728	39.336	39.944	40.704	41.16	41.768	38.728	39.336	39.944	40.704	41.16	41.768	40.443	41.185	41.927	42.669	42.669	42.669
7.00	44.792	45.4	46.008	46.768	47.224	47.832	44.792	45.4	46.008	46.768	47.224	47.832	47.053	47.916	48.78	49.643	49.643	49.643
8.00	50.856	51.464	52.072	52.832	53.288	53.896	50.856	51.464	52.072	52.832	53.288	53.896	53.663	54.648	55.632	56.617	56.617	56.617
9.00	56.92	57.528	58.136	58.896	59.352	59.96	56.92	57.528	58.136	58.896	59.352	59.96	60.273	61.379	62.485	63.591	63.591	63.591
10.00	63.945	64.873	65.801	66.961	67.657	68.585	62.985	63.593	64.201	64.961	65.417	66.025	66.883	68.11	69.338	70.565	70.565	70.565

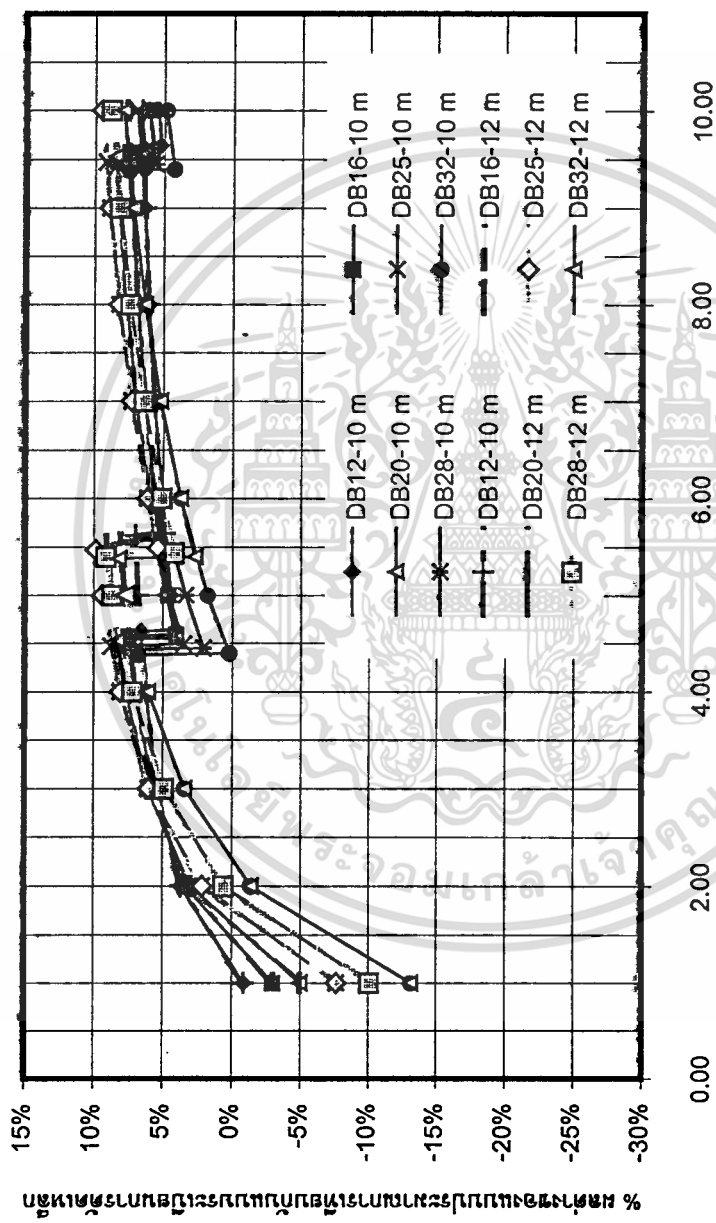
ตารางที่ 2.4.9 แสดงความยาวของเหล็กเสริมหลักรวมเหล็กเสริมพิเศษของคานต่อเนื่อง 3 ช่วง

ความยาวช่วงคาน เมตร	กรณีใช้เหล็กยาวมาตรฐาน 10 เมตร ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก(เมตร)						กรณีใช้เหล็กยาวมาตรฐาน 12 เมตร ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก (เมตร)						ปริมาณเหล็กแบบประมาณการ (เมตร)					
	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32	DB12	DB16	DB20	DB25	DB28	DB32
1.00	10.12	10.41	10.70	11.06	11.27	11.56	10.12	10.41	10.70	11.06	11.27	11.56	10.31	10.50	10.69	10.88	10.88	10.88
2.00	19.04	19.32	19.61	19.97	20.19	20.48	19.04	19.32	19.61	19.97	20.19	20.48	20.02	20.39	20.76	21.13	21.13	21.13
3.00	27.95	28.24	28.53	30.89	31.34	31.95	27.95	28.24	28.53	28.89	29.10	29.39	29.74	30.29	30.83	31.38	31.38	31.38
4.00	37.824	38.432	39.04	39.8	40.256	40.864	37.824	38.432	39.04	39.8	40.256	40.864	39.458	40.182	40.906	41.63	41.63	41.63
5.00	46.738	47.346	47.954	48.714	49.17	49.778	46.738	47.346	47.954	48.714	49.17	49.778	49.175	50.077	50.979	51.881	51.881	51.881
6.00	55.653	56.261	56.869	57.629	58.085	58.693	55.653	56.261	56.869	57.629	58.085	58.693	58.891	59.972	61.052	62.133	62.133	62.133
7.00	65.527	66.455	67.383	68.543	69.239	70.167	64.567	65.175	65.783	66.543	66.999	67.607	68.608	69.867	71.125	72.384	72.384	72.384
8.00	74.441	75.369	76.297	77.457	78.153	79.081	74.441	75.369	76.297	77.457	78.153	79.081	78.324	79.761	81.199	82.636	82.636	82.636
9.00	83.355	84.283	85.211	86.371	87.067	87.995	83.355	84.283	85.211	86.371	87.067	87.995	88.041	89.656	91.272	92.887	92.887	92.887
10.00	93.23	94.478	95.726	97.286	98.222	99.47	92.27	93.198	94.126	95.286	95.982	96.91	97.757	99.551	101.34	103.14	103.14	103.14



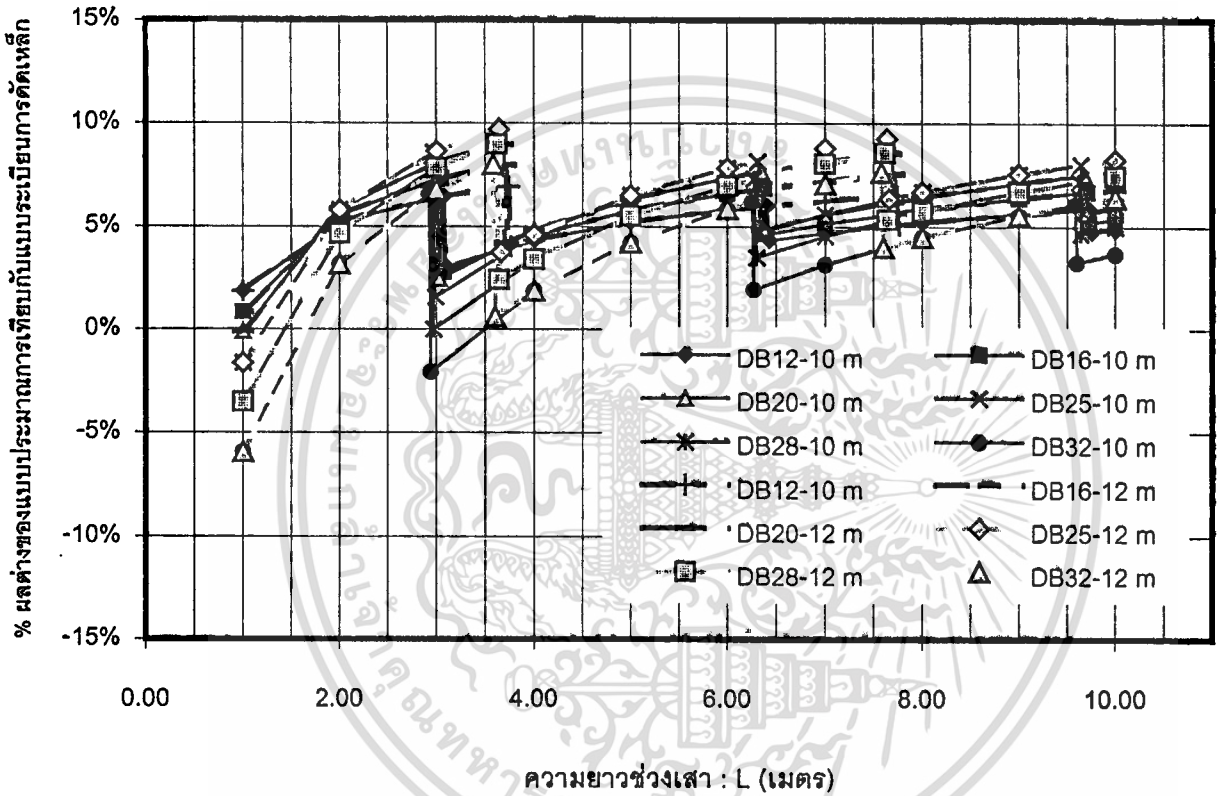
รูปที่ 2.4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงกับ % ผลต่าง ของความช่วงเดียวเมื่อความเหล็กเสริมพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงกับ % ผลต่าง ของความต่อเนื่อง 2 ช่วงเมื่อรวมเหล็กเสริมพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงกับ % ผลต่าง ของคานต่อเนื่อง 3 ช่วงเมื่อรวมเหล็กเสริมพิเศษ

2.5 พื้น

ในกรณีของพื้นแบ่งได้ออกเป็น 2 กรณี

1.พื้นทางเดียว

2.พื้นสองทาง

2.5.1 พื้นทางเดียว

สำหรับพื้นทางเดียวสามารถพิจารณาได้ในลักษณะเดียวกับคานช่วงเดียว เพื่อความสะดวกในการพิจารณา เราจะสมมุติให้ว่าเหล็กพื้นนั้นมีขนาดและระยะห่างเหล็กเท่ากันทั้งทางสั้นและทางยาว

เพื่อความสะดวกในการพิจารณาจึงขอกำหนดข้อสมมุติฐานดังนี้

สมมุติฐาน 1. เหล็กทางกว้างและเหล็กทางยาวมีขนาดเท่ากัน

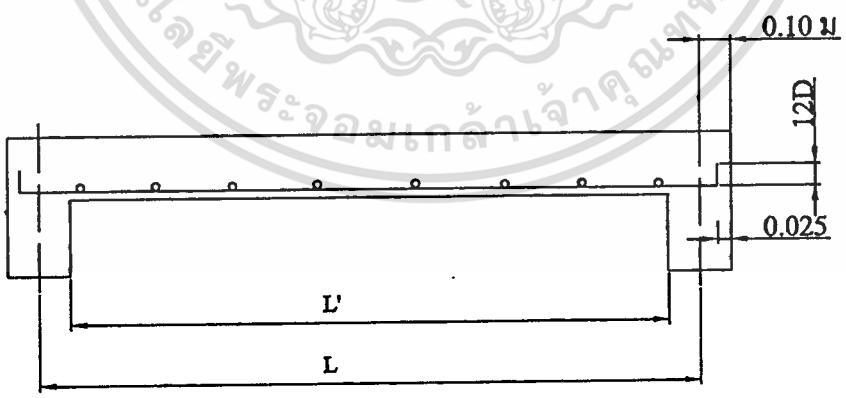
2. เหล็กทางกว้างและเหล็กทางยาวมีระยะห่างเท่ากัน

3. ขนาดความกว้างที่รองรับเป็น 0.20 เมตร

4. ระยะงอขอเท่ากับ 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก

5. ระยะหุ้มคอนกรีตของเหล็กเสริมพื้นเท่ากับ 0.025 เมตร

1.การคำนวณความยาวเหล็กเสริมพื้นทางเดียวแบบระเบียนการดัดเหล็ก



แบบระเบียน (ริม - ริม)

(กรณี 1 ช่วง)

รูปที่ 2.5.1 แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กพื้นทางเดียวแบบระเบียนการดัดเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

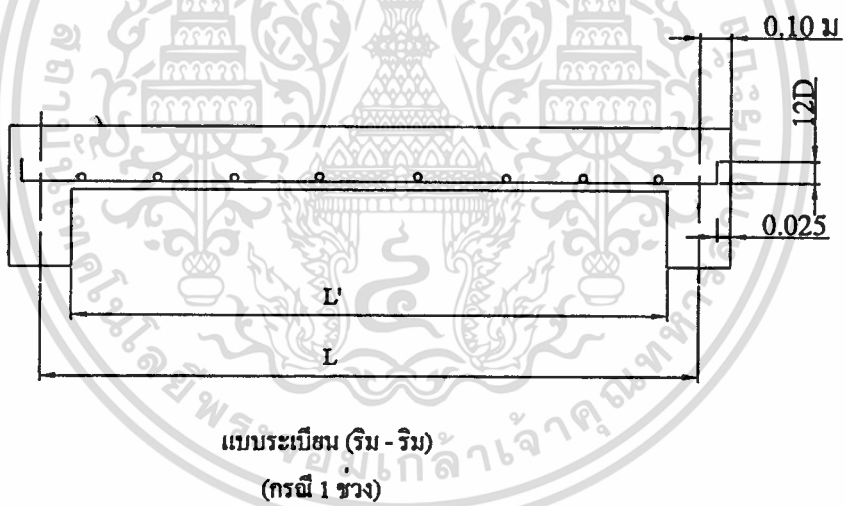
ความยาวของเหล็กเสริมพื้นเท่ากับ ความยาวช่วงของศูนย์กลางที่รองรับถึงศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L) บวกด้วยความกว้างของที่รองรับ ลบ 2 เท่าของระยะหุ้มคอนกรีต บวกด้วย 2 เท่าของระยะงอขอ (12D) ดังรูปที่ 2.5.1

ความยาวของเหล็กเสริมพื้น = L +0.20 – 0.05 + 2 *12D (2.5.1)

2.การคำนวณความยาวเหล็กเสริมพื้นทางเดียวแบบประมาณการ

ตามมาตรฐานของ วสท.กำหนดให้วัดความยาวของเหล็กเสริมพื้น

- คิดความยาวจากศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับ หรือขอบสุดของแผ่นพื้น (กรณีเป็นพื้นช่วงสุดท้าย)



รูปที่ 2.5.2 แสดงระยะการคำนวณความยาวเหล็กพื้นทางเดียวแบบประมาณการ

ความยาวของเหล็กเสริมพื้นเท่ากับ ความยาวช่วงของศูนย์กลางที่รองรับถึงศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L) บวกด้วยความกว้างของที่รองรับ คูณกับเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1 ดังรูปที่ 2.5.2

ความยาวของเหล็กเสริมพื้น = (L + ความกว้างที่รองรับ) * % เหล็กเพิ่ม (2.5.2)

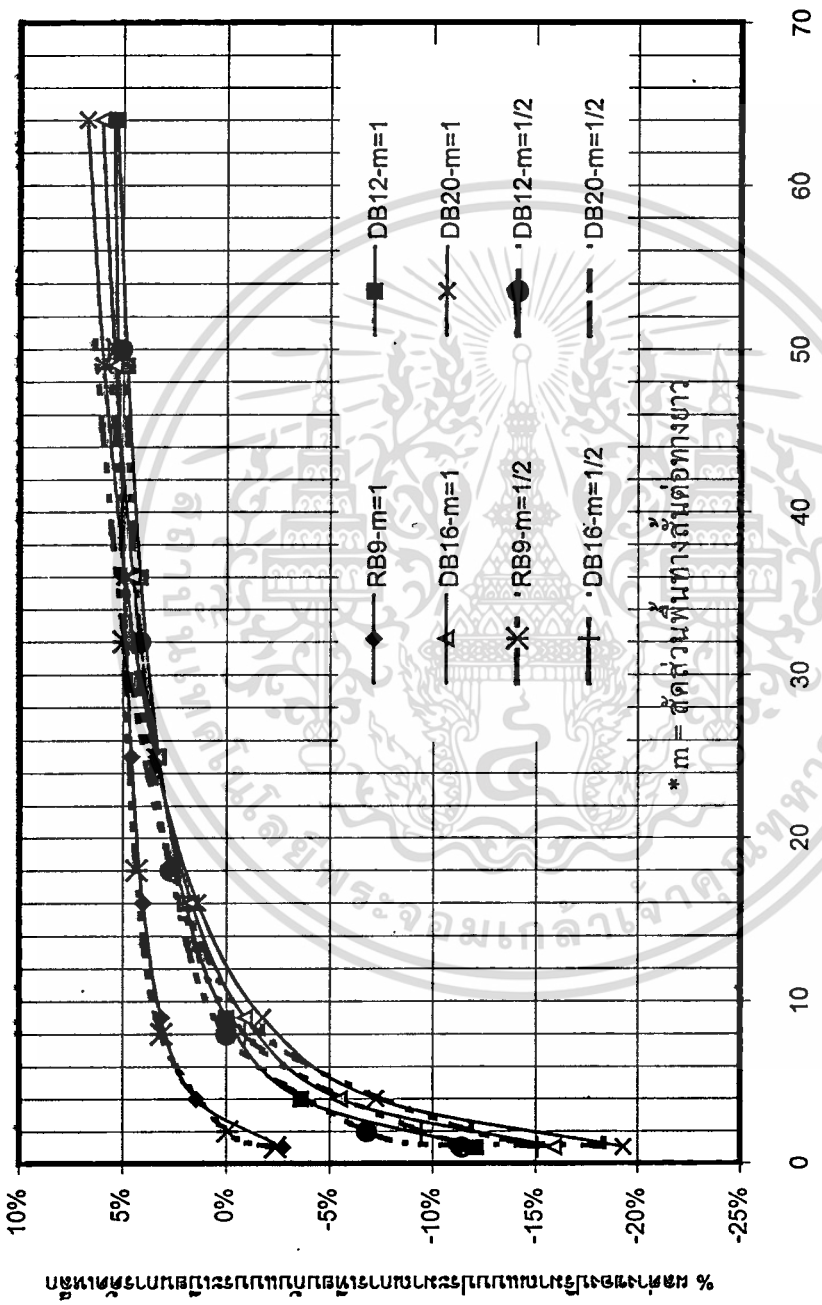
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5.1 แสดงปริมาณเหล็กเสริมพื้นกรณีความกว้างพื้นเท่ากับความยาวพื้น (S/L = 1)

ขนาดพื้นที่	ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก กิโลกรัม				ปริมาณเหล็กแบบประมาณการ กิโลกรัม				% ผลต่างของแบบประมาณการ เทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็ก			
	RB9	DB12	DB16	DB20	RB9	DB12	DB16	DB20	RB9	DB12	DB16	DB20
1*1	2.59	2.93	3.12	3.31	2.57	2.62	2.66	2.71	-0.85%	-10.59%	-14.56%	-18.07%
2*2	4.59	4.93	5.12	5.31	4.71	4.80	4.88	4.97	2.57%	-2.64%	-4.57%	-6.37%
3*3	6.59	6.93	7.12	7.31	6.85	6.98	7.10	7.23	3.92%	0.72%	-0.20%	-1.07%
4*4	8.59	8.93	9.12	9.31	8.99	9.16	9.32	9.49	4.63%	2.58%	2.26%	1.95%
5*5	10.59	10.93	11.12	11.31	11.13	11.34	11.54	11.75	5.08%	3.75%	3.83%	3.91%
6*6	12.59	12.93	13.12	13.31	13.27	13.52	13.76	14.01	5.39%	4.56%	4.92%	5.27%
7*7	14.59	14.93	15.12	15.31	15.41	15.70	15.98	16.27	5.61%	5.16%	5.73%	6.28%
8*8	16.59	16.93	17.12	17.31	17.55	17.88	18.20	18.53	5.77%	5.61%	6.34%	7.06%

ตารางที่ 2.5.2 แสดงปริมาณเหล็กเสริมพื้นกรณีความกว้างพื้นเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวพื้น (S/L = 1/2)

ขนาดพื้นที่	ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก กิโลกรัม				ปริมาณเหล็กแบบประมาณการ กิโลกรัม				% ผลต่างของแบบประมาณการ เทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็ก			
	RB9	DB12	DB16	DB20	RB9	DB12	DB16	DB20	RB9	DB12	DB16	DB20
0.7*1.4	2.69	3.03	3.22	3.41	2.68	2.73	2.78	2.83	-0.56%	-9.95%	-13.77%	-17.16%
1*2	3.59	3.93	4.12	4.31	3.64	3.71	3.77	3.84	1.34%	-5.60%	-8.35%	-10.86%
2*4	6.59	6.93	7.12	7.31	6.85	6.98	7.10	7.23	3.92%	0.72%	-0.20%	-1.07%
3*6	9.59	9.93	10.12	10.31	10.06	10.25	10.43	10.62	4.88%	3.22%	3.12%	3.03%
4*8	12.59	12.93	13.12	13.31	13.27	13.52	13.76	14.01	5.39%	4.56%	4.92%	5.27%
5*10	15.59	15.93	16.12	16.31	16.48	16.79	17.09	17.40	5.70%	5.40%	6.06%	6.70%

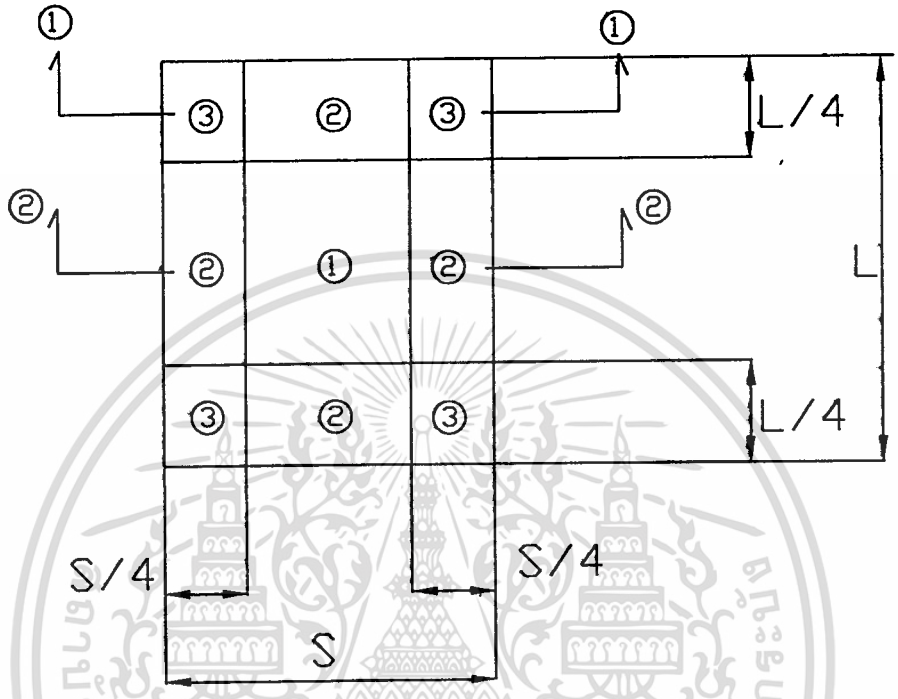


รูปที่ 2.5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดพื้นที่กับ % ผลต่าง ของพื้นทางเดียว เมื่อ S/L = 1 และ S/L = 1/2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 พื้นสองทาง

ในพื้นสองทางนั้นพิจารณาได้จากรูปที่ 2.5.4 ว่า



รูปที่ 2.5.4 แสดงการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมพื้น 2 ทาง

บริเวณที่ 1 เป็นบริเวณที่มีเหล็กตะแกรงล่างอย่างเดียว

คิดเป็นสัดส่วนพื้นที่ = (S * L) /4

บริเวณที่ 2 เป็นบริเวณที่มีเหล็กล่างวิ่งสลับคอม้าและมีเหล็กเสริมพิเศษ

คิดเป็นสัดส่วนพื้นที่ = (S/2 * L/2) + (L/2 * S/2)

= SL/4 + SL/4

= SL / 2

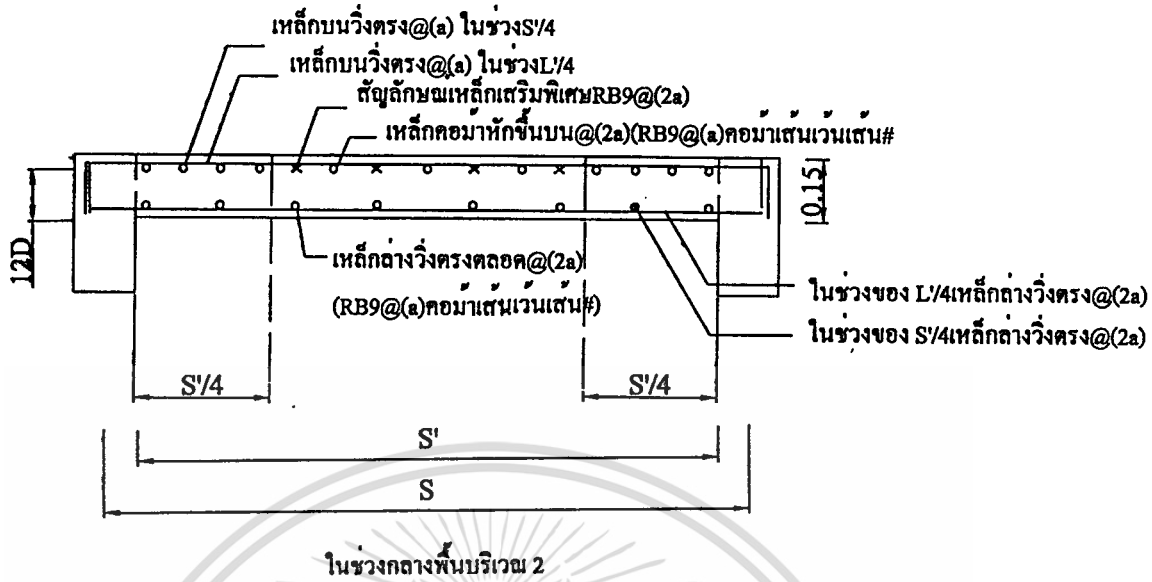
บริเวณที่ 3 เป็นบริเวณที่มีเหล็กบนและเหล็กล่างวิ่งเป็นตะแกรง

คิดเป็นสัดส่วนพื้นที่ = S/2 * L/2

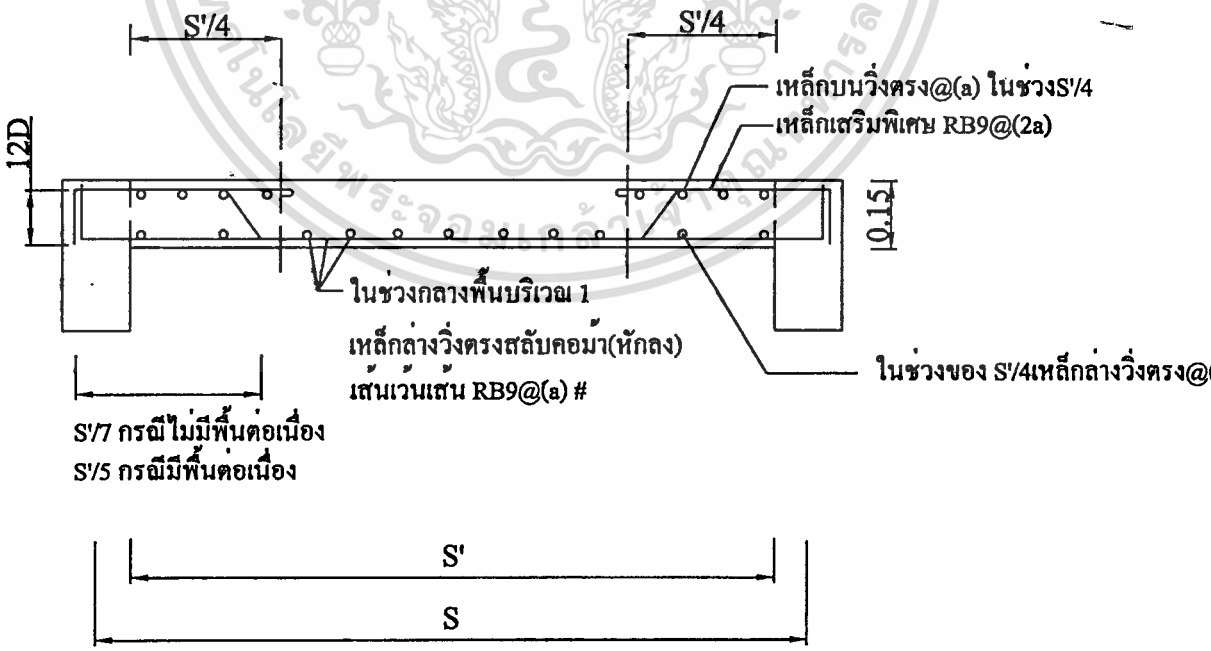
= SL / 4

จะเห็นได้ว่าเหล็กในแต่ละบริเวณจะมีสัดส่วนของเหล็กที่แตกต่างกันออกไป แต่เราสามารถนำมาเฉลี่ยรวมได้ เป็นค่าเฉลี่ยรวมของเหล็กทั้งหมดต่อพื้นที่ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5.5 แสดงรูปตัดที่ 1 ของพื้นสองทาง



รูปที่ 2.5.6 แสดงรูปตัดที่ 2 ของพื้นสองทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวิเคราะห์ศึกษานี้ได้กำหนดข้อสมมุติฐานดังภาพที่ 2.5.5 และ 2.5.6 กล่าวคือกำหนดความหนาพื้นเป็น 0.15 ม. ซึ่งพื้นโดยทั่วไปส่วนใหญ่จะมีความหนาอยู่ในช่วง 0.10 – 0.20 ม. และกำหนดว่าระยะห่างของเหล็กเสริมพิเศษบนเป็น 2 เท่าของระยะเหล็กเสริมล่าง (a) ซึ่งระยะห่างนี้จะกำหนดให้เท่ากันทั้ง 2 ทิศทาง ทั้งนี้เนื่องจากเวลาทำงานจริงช่างเหล็กอาจแยกไม่ออกว่าด้านใดต้องวางเหล็กเป็นระยะเท่าใด แต่ถ้ากำหนดให้ระยะเท่ากันก็จะเป็นการลดปัญหานี้

เพื่อที่จะทำการศึกษาเปรียบเทียบการคำนวณปริมาณเหล็กพื้นจึงกำหนดสมมุติฐานดังต่อไปนี้

สมมุติฐาน 1.เหล็กที่ใช้ในพื้นมีขนาดเท่ากันทั้งหมดทั้งทางด้านสั้นและทางด้านยาว
2.ระยะห่างของเหล็กเสริมพิเศษบนเป็น 2 เท่าของระยะห่างของเหล็กล่าง

1.การคำนวณปริมาณเหล็กพื้นสองทางแบบระเบียบการดัดเหล็ก

ในเหล็กเสริมในพื้นสองทางแยกออกเป็น

1.เหล็กเส้นตรงบน

2.เหล็กเสริมพิเศษบน

3.เหล็กคอม้า

4.เหล็กเส้นตรงล่าง

จะแบ่งออกเป็นเหล็กในพื้นทางสั้นและเหล็กในพื้นทางยาว โดยเหล็กเสริมพื้นทั้ง 2 ทางมีลักษณะเหมือนกัน เราจึงแยกคำนวณในส่วนของเหล็กเสริมพื้นทางสั้นได้เป็นส่วน ๆ ดังนี้

1. ปริมาณของเหล็กเส้นตรงบน เท่ากับความยาวของเหล็กเสริมเส้นตรงบนคูณกับจำนวนเส้นของเหล็กเส้นตรงบน

ความยาวของเหล็กเส้นตรงบนเท่ากับ ความยาวจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (S) บวกความกว้างของที่รองรับ ลบ 2 เท่าของระยะหุ้มของคอนกรีต บวกด้วย 2 เท่าของระยะงอขอ

$$\text{ความยาวของเหล็กเส้นตรงบน} = S + 0.20 - 0.05 + 2*12D \qquad (2.5.3)$$

จำนวนของเหล็กเส้นตรงบนเท่ากับ 2 เท่าของ ¼ ของความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L') หารด้วยระยะห่างของเหล็กเสริม (a)

$$\text{จำนวนเหล็กเส้นตรงบน} = 2*[(L'/4)/a] \qquad (2.5.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปริมาณของเหล็กเสริมพิเศษบน เท่ากับความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบนคูณกับจำนวนเส้นของเหล็กเสริมพิเศษบน

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบนเท่ากับ 1/4 ของความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (S') บวกความกว้างของที่รองรับ ลบด้วยระยะหุ้มของคอนกรีต บวกด้วยระยะงอขอ (12D)

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบน = S'/4 + 0.20 – 0.025 + 12D (2.5.5)

จำนวนของเหล็กเสริมพิเศษบนเท่ากับ 2 เท่าของ ½ เท่าของความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L') หารด้วย 2 เท่าของระยะห่างของเหล็กเสริม (a)

จำนวนเหล็กเสริมพิเศษบน = 2*[(L'/2) / 2a] (2.5.6)

3. ปริมาณของเหล็กคอม้าเท่ากับ ความยาวของเหล็กคอม้าคูณกับจำนวนของเหล็กคอม้า

ความยาวของเหล็กคอม้าเท่ากับ ความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (S') บวกความกว้างของที่รองรับ ลบ 2 เท่าของระยะหุ้มของคอนกรีต บวกด้วย 2 เท่าของระยะงอขอ (12D)และระยะคอม้า

ความยาวของเหล็กคอม้า = S' + 0.20 – 0.05 + 2*(12D + ระยะคอม้า) (2.5.7)

จำนวนของเหล็กคอม้าเท่ากับ ½ เท่าของความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L') หารด้วย 2 เท่าของระยะห่างของเหล็กเสริม (a)

จำนวนเหล็กเสริมพิเศษบน = (L'/2) / 2a (2.5.8)

4. ปริมาณของเหล็กเส้นตรงล่าง เท่ากับความยาวของเหล็กเสริมเส้นตรงบนคูณกับจำนวนล่างของเหล็กเส้นตรงล่าง

ความยาวของเหล็กเส้นตรงล่างเท่ากับ ความยาวจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (S) บวกความกว้างของที่รองรับ ลบ 2 เท่าของระยะหุ้มของคอนกรีต บวกด้วย 2 เท่าของระยะงอขอ

ความยาวของเหล็กเส้นตรงล่าง = S + 0.20 – 0.05 + 2*12D (2.5.9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนของเหล็กเส้นตรงล่างเท่ากับ ความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L') หารด้วย 2 เท่าของระยะห่างของเหล็กเสริม (a)

จำนวนเหล็กเส้นตรงบน = L' / 2a (2.5.18)

โดยเราจะคำนวณปริมาณเหมือนกันทั้งทางด้านสั้นและทางด้านยาว หลังจากได้ปริมาณเหล็กทั้ง 2 ทางแล้วจึงนำมารวมกัน

<u>ตัวอย่างการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมพื้นสองทาง</u>

กำหนดให้เหล็กเสริมพื้นเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม. ขนาดพื้นจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่งเป็น 3.0*3.0 เมตร ความหนาพื้น 0.15 เมตร ระยะห่างเหล็กเสริม 0.20 เมตร

ปริมาณเหล็กเสริมพื้นสองทางแบบระเบียนการดัดเหล็ก

= เหล็กเส้นตรงบน + เหล็กเสริมพิเศษบน + เหล็กคอม้า + เหล็กเส้นตรงล่าง

ปริมาณเหล็กเส้นตรงบน

= ความยาวของเหล็กเส้นตรงบน * จำนวนเหล็กเส้นตรงบน

= (S + 0.20 – 0.05 + 2*12D) * 2 * [(L'/4) / a)]

= (3.0 + 0.20 – 0.05 + 2*12*0.012) * 2 *[((3.0-0.20)/4)/ 0.20)]

= 3.44 * 2 * 4 = 22.88 เมตร

ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษบน

= ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบน * จำนวนเหล็กเสริมพิเศษบน

= (S'/4 + 0.20 – 0.025 + 12D) * 2 * [(L'/2) / 2a]

= ((3.0 – 0.20)/4 + 0.20 – 0.025 + 12*0.012) * 2 * [((3.0-0.20)/2) / (2*0.20)]

= 1.02 * 2 * 4 = 8.16 เมตร

ปริมาณเหล็กคอม้า

= ความยาวของเหล็กคอม้า * จำนวนของเหล็กคอม้า

= (S' + 0.20 – 0.05 + 2*12D + 2*คอม้า) * (L'/2) / 2a

= ((3.0 – 0.20) + 0.20 – 0.05 + 2*12*0.012 + 2*0.04)

* ((3.0 – 0.20)/2)/(2*0.20)

= 3.32 * 2 = 6.64 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนของเหล็กเส้นตรงล่างเท่ากับ ความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L') หารด้วย 2 เท่าของระยะห่างของเหล็กเสริม (a)

จำนวนเหล็กเส้นตรงบน = L' / 2a (2.5.10)

โดยเราจะคำนวณปริมาณเหมือนกันทั้งทางด้านสั้นและทางด้านยาว หลังจากได้ปริมาณเหล็กทั้ง 2 ทางแล้วจึงนำมารวมกัน

2.การคำนวณปริมาณเหล็กเสริมพื้นสองทางแบบประมาณการ

ในวิธีประมาณการเหล็กเสริมในพื้นสองทางแยกออกเป็น

1.เหล็กเส้นตรงบน

2.เหล็กเสริมพิเศษบน

3.เหล็กคอม้า

4.เหล็กเส้นตรงล่าง

จะแบ่งออกเป็นเหล็กในพื้นทางสั้นและเหล็กในพื้นทางยาว โดยเหล็กเสริมพื้นทั้ง 2 ทางมีลักษณะเหมือนกัน เราจึงแยกคำนวณในส่วนของเหล็กเสริมพื้นทางสั้นได้เป็นส่วน ๆ ดังนี้

1. ปริมาณของเหล็กเส้นตรงบน เท่ากับความยาวของเหล็กเสริมเส้นตรงบนคูณกับจำนวนเส้นของเหล็กเส้นตรงบน

ความยาวของเหล็กเส้นตรงบนเท่ากับ ความยาวจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (S) บวกความกว้างของที่รองรับ ทั้งหมดคูณด้วยเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กเส้นตรงบน = (S + 0.20) * % เหล็กเพิ่ม (2.5.11)

จำนวนของเหล็กเส้นตรงบนเท่ากับ 2 เท่าของ ¼ ของความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L') หารด้วยระยะห่างของเหล็กเสริม (a)

จำนวนเหล็กเส้นตรงบน = 2* [(L'/4) / a] (2.5.12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปริมาณของเหล็กเสริมพิเศษบน เท่ากับความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบนคูณกับจำนวนเส้นของเหล็กเสริมพิเศษบน

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบนเท่ากับ 1/4 ของความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (S') ทั้งหมดคูณด้วยเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบน = (S'/4 + 0.20) * % เหล็กเพิ่ม (2.5.13)

จำนวนของเหล็กเสริมพิเศษบนเท่ากับ 2 เท่าของ ½ เท่าของความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L') หารด้วย 2 เท่าของระยะห่างของเหล็กเสริม (a)

จำนวนเหล็กเสริมพิเศษบน = 2*[(L'/2) / 2a] (2.5.14)

3. ปริมาณของเหล็กคอม้าเท่ากับ ความยาวของเหล็กคอม้าคูณกับจำนวนของเหล็กคอม้า

ความยาวของเหล็กคอม้าเท่ากับ ความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (S') บวกความกว้างของที่รองรับ ทั้งหมดคูณด้วยเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กคอม้า = (S' + 0.20) * % เหล็กเพิ่ม (2.5.15)

จำนวนของเหล็กคอม้าเท่ากับ ½ เท่าของความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L') หารด้วย 2 เท่าของระยะห่างของเหล็กเสริม (a)

จำนวนเหล็กเสริมพิเศษบน = (L'/2) / 2a (2.5.16)

4. ปริมาณของเหล็กเส้นตรงล่าง เท่ากับความยาวของเหล็กเสริมเส้นตรงบนคูณกับจำนวนล่างของเหล็กเส้นตรงล่าง

ความยาวของเหล็กเส้นตรงล่างเท่ากับ ความยาวจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (S) บวกความกว้างของที่รองรับ ทั้งหมดคูณด้วยเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กเส้นตรงล่าง = (S + 0.20) * % เหล็กเพิ่ม (2.5.17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปริมาณของเหล็กเสริมพิเศษบน เท่ากับความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบนคูณกับจำนวนเส้นของเหล็กเสริมพิเศษบน

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบนเท่ากับ 1/4 ของความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (S') ทั้งหมดคูณด้วยเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบน = (S'/4 + 0.20) * % เหล็กเพิ่ม (2.5.13)

จำนวนของเหล็กเสริมพิเศษบนเท่ากับ 2 เท่าของ ½ เท่าของความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L') หารด้วย 2 เท่าของระยะห่างของเหล็กเสริม (a)

จำนวนเหล็กเสริมพิเศษบน = 2*[(L'/2) / 2a] (2.5.14)

3. ปริมาณของเหล็กคอม้าเท่ากับ ความยาวของเหล็กคอม้าคูณกับจำนวนของเหล็กคอม้า

ความยาวของเหล็กคอม้าเท่ากับ ความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (S') บวกความกว้างของที่รองรับ ทั้งหมดคูณด้วยเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กคอม้า = (S' + 0.20) * % เหล็กเพิ่ม (2.5.15)

จำนวนของเหล็กคอม้าเท่ากับ ½ เท่าของความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L') หารด้วย 2 เท่าของระยะห่างของเหล็กเสริม (a)

จำนวนเหล็กเสริมพิเศษบน = (L'/2) / 2a (2.5.16)

4. ปริมาณของเหล็กเส้นตรงล่าง เท่ากับความยาวของเหล็กเสริมเส้นตรงบนคูณกับจำนวนล่างของเหล็กเส้นตรงล่าง

ความยาวของเหล็กเส้นตรงล่างเท่ากับ ความยาวจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (S) บวกความกว้างของที่รองรับ ทั้งหมดคูณด้วยเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กเส้นตรงล่าง = (S + 0.20) * % เหล็กเพิ่ม (2.5.17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนของเหล็กเส้นตรงล่างเท่ากับ ความยาวจากขอบด้านในของที่รองรับถึงของด้านในที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (L') หารด้วย 2 เท่าของระยะห่างของเหล็กเสริม (a)

จำนวนเหล็กเส้นตรงบน = L' / 2a (2.5.18)

โดยเราจะคำนวณปริมาณเหมือนกันทั้งทางด้านสั้นและทางด้านยาว หลังจากได้ปริมาณเหล็กทั้ง 2 ทางแล้วจึงนำมารวมกัน

<u>ตัวอย่างการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมพื้นสองทาง</u>

กำหนดให้เหล็กเสริมพื้นเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม. ขนาดพื้นจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่งเป็น 3.0*3.0 เมตร ความหนาพื้น 0.15 เมตร ระยะห่างเหล็กเสริม 0.20 เมตร

ปริมาณเหล็กเสริมพื้นสองทางแบบระเบียนการดัดเหล็ก

= เหล็กเส้นตรงบน + เหล็กเสริมพิเศษบน + เหล็กคอม้า + เหล็กเส้นตรงล่าง

ปริมาณเหล็กเส้นตรงบน

= ความยาวของเหล็กเส้นตรงบน * จำนวนเหล็กเส้นตรงบน

= (S + 0.20 – 0.05 + 2*12D) * 2 * [(L'/4) / a)]

= (3.0 + 0.20 – 0.05 + 2*12*0.012) * 2 *[((3.0-0.20)/4)/ 0.20)]

= 3.44 * 2 * 4 = 27.52 เมตร

ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษบน

= ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบน * จำนวนเหล็กเสริมพิเศษบน

= (S'/4 + 0.20 – 0.025 + 12D) * 2 * [(L'/2) / 2a]

= ((3.0 – 0.20)/4 + 0.20 – 0.025 + 12*0.012) * 2 * [((3.0-0.20)/2) / (2*0.20)]

= 1.02 * 2 * 4 = 8.16 เมตร

ปริมาณเหล็กคอม้า

= ความยาวของเหล็กคอม้า * จำนวนของเหล็กคอม้า

= (S' + 0.20 – 0.05 + 2*12D + 2*คอม้า) * (L'/2) / 2a

= ((3.0 – 0.20) + 0.20 – 0.05 + 2*12*0.012 + 2*0.04)

* ((3.0 – 0.20)/2)/(2*0.20)

= 3.32 * 2 = 6.64 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณเหล็กเส้นตรงล่าง

= ความยาวของเหล็กเส้นตรงล่าง * จำนวนของเหล็กเส้นตรงล่าง

= (S + 0.20 – 0.05 + 2*12D) * (L'/2a)

= (3.0 + 0.20 – 0.05 + 2*12*0.012) * ((3.0-0.20)/(2*0.20))

= 3.44 * 7 = 24.08 เมตร

รวมปริมาณเหล็กเสริมพื้นทางสั้น = 27.52 + 8.16 + 6.64 + 24.08 = 66.40 เมตร

เนื่องจากความยาวพื้นทางสั้นเท่ากับทางยาว ดังนั้นปริมาณเหล็กเสริมพื้นทางสั้นเท่ากับปริมาณเหล็กเสริมพื้นทางยาวด้วย

ปริมาณเหล็กเสริมพื้นสองทางแบบระเบียนการดัดเหล็ก = 66.40 * 2 = 132.80 เมตร

ปริมาณเหล็กเสริมพื้นสองทางแบบประมาณการ

= เหล็กเส้นตรงบน + เหล็กเสริมพิเศษบน + เหล็กคอม้า + เหล็กเส้นตรงล่าง

ปริมาณเหล็กเส้นตรงบน

= ความยาวของเหล็กเส้นตรงบน * จำนวนเหล็กเส้นตรงบน

= (S + 0.20)* % เหล็กเพิ่ม * 2 * [(L'/4) / a)]

= (3.0 + 0.20) * 1.09 * 2 *[((3.0-0.20)/4)/ 0.20)]

= 3.49 * 2 * 4 = 27.92 เมตร

ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษบน

= ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษบน * จำนวนเหล็กเสริมพิเศษบน

= (S'/4 + 0.20) * % เหล็กเพิ่ม * 2 * [(L'/2) / 2a]

= ((3.0 – 0.20)/4 + 0.20) * 1.09 * 2 * [((3.0-0.20)/2) / (2*0.20)]

= 0.98 * 2 * 4 = 7.85 เมตร

ปริมาณเหล็กคอม้า

= ความยาวของเหล็กคอม้า * จำนวนของเหล็กคอม้า

= (S' + 0.20) * % เหล็กเพิ่ม * (L'/2) / 2a

= ((3.0 – 0.20) + 0.20) * 1.09 * ((3.0 – 0.20)/2)/(2*0.20)

= 3.27 * 2 = 6.54 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณเหล็กเส้นตรงล่าง

= ความยาวของเหล็กเส้นตรงล่าง * จำนวนของเหล็กเส้นตรงล่าง

= (S + 0.20) * % เหล็กเพิ่ม * (L'/2a)

= (3.0 + 0.20) * 1.09 * ((3.0-0.20)/(2*0.20))

= 3.27 * 7 = 22.89 เมตร

รวมปริมาณเหล็กเสริมพื้นทางสั้น = 27.92 + 7.85 + 6.54 + 22.89 = 65.20 เมตร

เนื่องจากความยาวพื้นทางสั้นเท่ากับทางยาว ดังนั้นปริมาณเหล็กเสริมพื้นทางสั้นเท่ากับปริมาณเหล็กเสริมพื้นทางยาวด้วย

ปริมาณเหล็กเสริมพื้นสองทางแบบประมารการ = 65.20 * 2 = 130.40 เมตร

ผลต่าง (Δ) = 130.40 – 132.80 = - 2.40 เมตร

% ผลต่าง (%Δ) = - 2.40 / 132.80 = - 1.81 %

ในที่นี้เราจะทำการศึกษาเฉพาะพื้นช่วงเดี่ยวเท่านั้น โดยใช้เหล็กขนาด RB6, RB9, DB12, DB16 และ DB20 และขนาดของพื้นจะเปลี่ยนไปเป็น 2 ลักษณะคือ สัดส่วนด้านกว้างต่อด้านยาว (S / L) เท่ากับ 1 และ ½ เท่าตามลำดับโดยจะพิจารณาพื้นขนาด 1.0*1.0, 2.0*2.0, 3.0*3.0 จนถึงขนาด 7.0*7.0 เมตร สำหรับสัดส่วน S / L = 1 และพื้นขนาด 0.7*1.4, 1.0*2.0, 2.0*4.0, 3.0*6.0, 4.0*8.0 และ 5.0*10.0 เมตร สำหรับสัดส่วน S/L = ½ และพิจารณาความหนาของพื้นเท่ากับ 0.15 เมตร จะได้ปริมาณเหล็กเสริมพื้นตามตารางที่ 2.5.3 และ 2.5.4 สำหรับสัดส่วน S/L = 1 และ ½ ตามลำดับ

พิจารณารูปที่ 2.5.3 และ 2.5.4 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของขนาดพื้นกับ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพื้น เมื่อ S/L = 1 และ ½ ตามลำดับพบว่า

1. ปริมาณเหล็กเสริมพื้นแบบประมาณการจะใกล้เคียงกับปริมาณเหล็กเสริมพื้นแบบระเบียนดัดเหล็กเมื่อขนาดพื้นเท่ากับ 10 ตารางเมตร
2. สำหรับขนาดพื้นที่มากกว่า 10 ตารางเมตรปริมาณเหล็กเสริมพื้นแบบประมาณการจะเผื่อถึงเศษเหล็กและเศษเสียหายจากการตัด
3. สำหรับขนาดพื้นที่น้อยกว่า 10 ตารางเมตรปริมาณเหล็กเสริมพื้นแบบประมาณการจะน้อยกว่าเหล็กเสริมพื้นแบบระเบียนการดัดเหล็ก แต่ในทางปฏิบัติเราสามารถนำเศษเหล็กที่เกิดจากการตัดมาใช้กับพื้นขนาดนี้ได้จึงไม่น่ากังวลสำหรับส่วนนี้
4. สำหรับปริมาณของพื้นที่มีสัดส่วนด้านสั้นต่อด้านยาวเท่ากับ 1 และ ½ จะมี % ผลต่างใกล้เคียงกัน

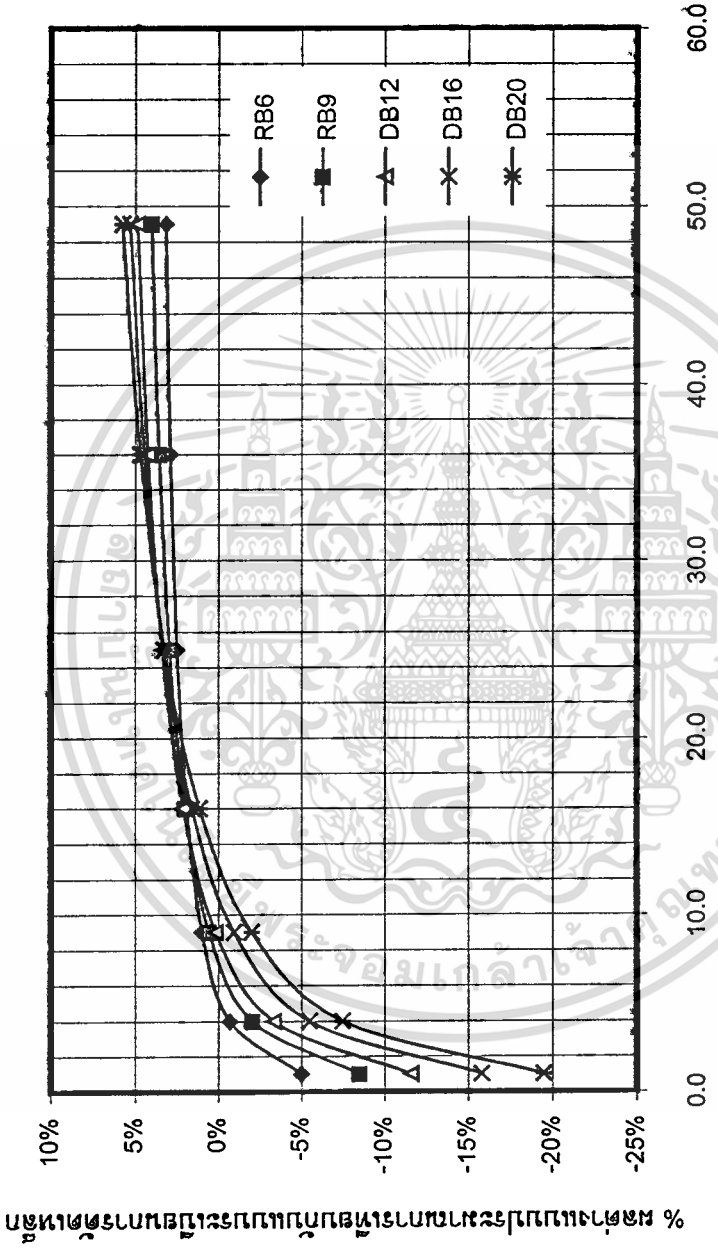
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5.3 แสดงปริมาณเหล็กเสริมบันไดและ % ผลต่างกับขนาดพื้นสองทางกรณีที่ S/L = 1

ขนาดพื้น	ปริมาณเหล็กเสริมบันได แบบระเบียนการดัดเหล็ก					ปริมาณเหล็กเสริมบันได แบบประมาณการ					% ผลต่างของแบบประมาณการ เทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็ก				
	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20
1.0*1.0	27.41	28.99	30.58	32.69	34.80	26.04	26.54	27.03	27.53	28.02	-4.99%	-8.47%	-11.59%	-15.79%	-19.47%
2.0*2.0	78.02	80.62	83.21	86.66	90.12	77.49	78.97	80.44	81.92	83.39	-0.68%	-2.05%	-3.32%	-5.48%	-7.46%
3.0*3.0	185.04	189.36	193.68	199.44	205.20	186.90	190.46	194.02	197.58	201.14	1.01%	0.58%	0.18%	-0.93%	-1.98%
4.0*4.0	327.45	333.35	339.26	347.13	355.00	333.69	340.05	346.40	352.76	359.11	1.91%	2.01%	2.11%	1.62%	1.16%
5.0*5.0	472.06	478.98	485.89	495.10	504.32	483.84	493.06	502.27	511.49	520.70	2.49%	2.94%	3.37%	3.31%	3.25%
6.0*6.0	700.08	708.72	717.36	728.88	740.40	720.30	734.02	747.74	761.46	775.18	2.89%	3.57%	4.23%	4.47%	4.70%
7.0*7.0	957.49	967.71	977.94	991.57	1005.20	987.84	1006.66	1025.47	1044.29	1063.10	3.17%	4.02%	4.86%	5.32%	5.76%

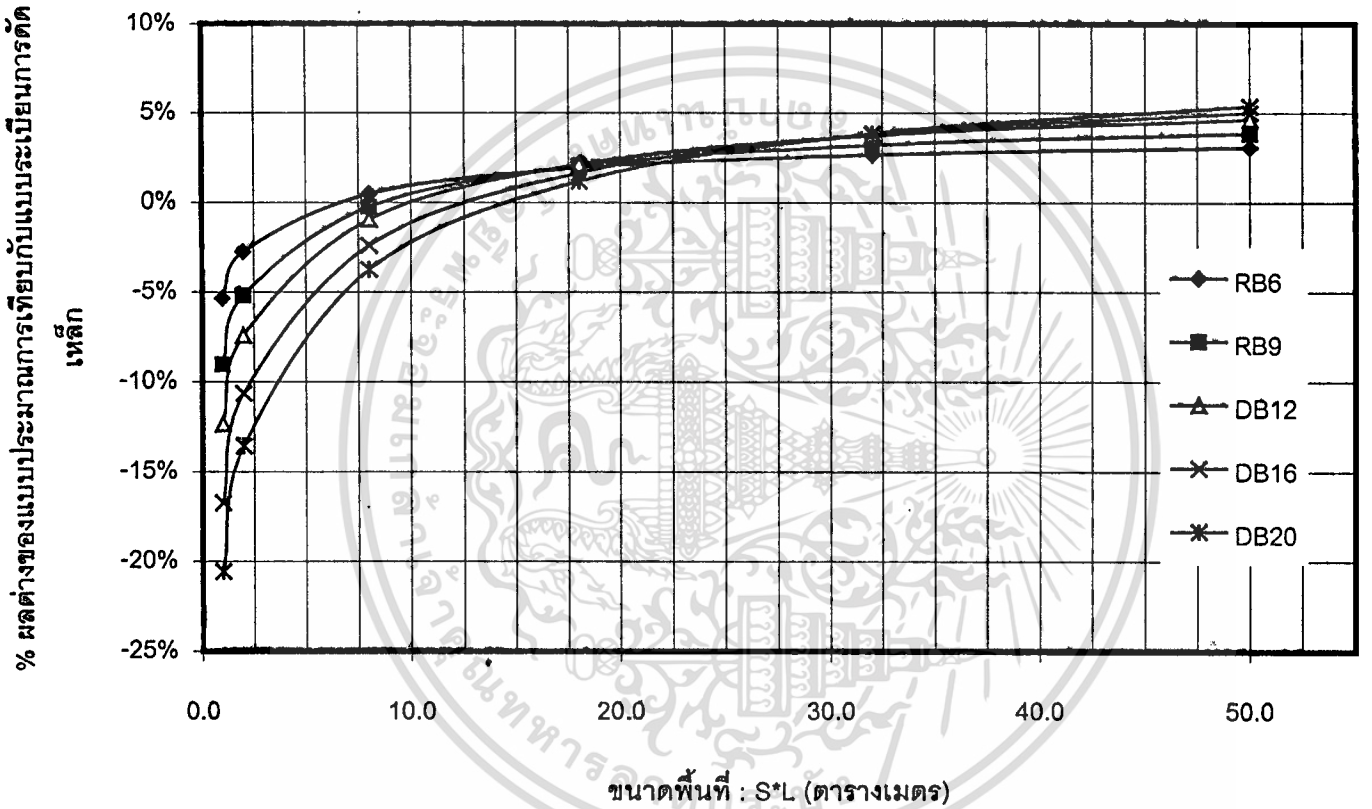
ตารางที่ 2.5.4 แสดงปริมาณเหล็กเสริมบันไดและ % ผลต่างกับขนาดพื้นสองทางกรณีที่ S/L = 1/2

ขนาดพื้น	ปริมาณเหล็กเสริมบันได แบบระเบียนการดัดเหล็ก					ปริมาณเหล็กเสริมบันได แบบประมาณการ					% ผลต่างของแบบประมาณการ เทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็ก				
	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20
0.7*1.4	21.412	22.708	24.004	25.732	27.46	20.265	20.651	21.037	21.423	21.809	-5.36%	-9.06%	-12.36%	-16.75%	-20.58%
1.0*2.0	46.216	48.304	50.392	53.176	55.96	44.94	45.796	46.652	47.508	48.364	-2.76%	-5.19%	-7.42%	-10.66%	-13.57%
2.0*4.0	160.736	164.984	169.232	174.896	180.56	161.49	164.566	167.642	170.718	173.794	0.47%	-0.25%	-0.94%	-2.39%	-3.75%
3.0*6.0	360.06	366.54	373.02	381.66	390.3	366.975	373.965	380.955	387.945	394.935	1.92%	2.03%	2.13%	1.65%	1.19%
4.0*8.0	625.776	634.344	642.912	654.336	665.76	642.39	654.626	666.862	679.098	691.334	2.65%	3.20%	3.73%	3.78%	3.84%
5.0*10.0	952.296	963.024	973.752	988.056	1002.36	981.54	1000.24	1018.93	1037.63	1056.32	3.07%	3.86%	4.64%	5.02%	5.38%



รูปที่ 2.5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดพื้นที่กับ % ผลต่างของพื้นสองทาง เมื่อ S/L = 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดพื้นที่กับ % ผลต่างของพื้นสองทาง เมื่อ S/L = 1/2

2.6 บันได

การวัดปริมาณเหล็กเสริมของบันไดนั้นขึ้นอยู่ปัจจัยหลาย ๆ อย่างเช่น ลักษณะรูปร่างของบันไดมีชานพัก หรือไม่มีชานพัก ลักษณะท้องบันไดเป็นแบบพับผ้าหรือแบบท้องเรียบ ขนาดของคานที่รองรับ ขนาดของลูกตั้งและลูกนอน ความกว้างของบันได อีกทั้งขนาดของเหล็กเสริมต่าง ๆ เป็นต้น

สำหรับขนาดของลูกตั้ง ลูกนอนของบันได และขนาดของบันได ความลาดที่นิยมใช้มีขนาดความกว้างของลูกนอนกว้าง 0.25 – 0.30 ม. และส่วน ความสูงของลูกตั้ง 0.15 – 0.18 ม. และตามพรบ. ความคุมอาคาร พ.ศ. 2522 กำหนดให้ความสูงของลูกตั้งไม่เกิน 0.19 ม. และความกว้างของลูกนอนไม่น้อยกว่า 0.22 ม. ในที่นี้จึงกำหนดให้ความสูงของลูกตั้งเป็น 0.18 ม. และความกว้างของลูกนอนเป็น 0.25 ม.เพื่อความสะดวกในการพิจารณา ส่วนความกว้างของบันไดกำหนดให้คิดเป็นหน่วยความกว้างต่อเมตรเพื่อสามารถนำไปคิดเป็นความกว้างของบันไดที่กว้างกว่าได้

เนื่องมาจากระยะฝังในคอนกรีตคำนวณมาจากหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของเหล็ก ในเหล็กเสริมบนตามมาตรฐาน วสท. พ.ศ. 2538 ได้กำหนดให้มีหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ตามตารางที่ 2.6.1

ตารางที่ 2.6.1 แสดงหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้

ชนิดของเหล็ก	หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ กก./ซม^2
เหล็กรับแรงแรงดึงประเภทเหล็กข้ออ้อยตามมาตรฐาน ASTM A 305 หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก. 24 – 2516:	
เหล็กบน *	$2.29\sqrt{f'_c}/D \leq 25$
เหล็กอื่น ๆ นอกเหนือจากเหล็กบน	$3.23\sqrt{f'_c}/D \leq 35$
เหล็กรับแรงแรงดึงประเภทเหล็กข้ออ้อยตามมาตรฐาน ASTM A 408 หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก. 24 – 2516:	
เหล็กบน *	$0.556\sqrt{f'_c}$
เหล็กอื่น ๆ นอกเหนือจากเหล็กบน	$0.795\sqrt{f'_c}$
เหล็กข้ออ้อยรับแรงอัดทั้งหมด	$1.72\sqrt{f'_c} \leq 28$

* เหล็กบน หมายถึงเหล็กเส้นตามแนวราบที่มีคอนกรีตอยู่ใต้เหล็กเส้นนั้นเกินกว่า 30 ซม. ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเหล็กกลม ผิวเรียบ หน่วยแรงดึงที่ยอมให้จะมีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของค่าที่ให้ไว้สำหรับเหล็กข้ออ้อยตามมาตรฐาน ASTM A 305 หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่ มอก. 24-2516 แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกินกว่า 11 กก./ซม.^{2}

เราจึงสามารถคำนวณระยะฝังของเหล็กดังนี้

กำหนดให้ $f'_c = 210$ ksc

ใช้เหล็ก SD30 $f_s = 1500$ ksc

SD24 $f_s = 1200$ ksc

ตารางที่ 2.6.2 แสดงความยาวของระยะฝังของเหล็กเสริมรับแรงอัดและแรงดึง

ขนาดเหล็ก	เส้นรอบวง (mm)	พื้นที่ (mm^2)	แรงดึงยึดเหนี่ยว อนุญาติ 1200 ksc – RB 1500 ksc – DB (Kg)	หน่วยแรงดึง ยึดเหนี่ยว ที่ยอมให้ U (ksc)	ระยะฝัง ของเหล็ก รับแรงดึง $d*f_s/4U$ (m)	หน่วยแรง ยึดเหนี่ยว รับแรงอัด $1.72\sqrt{f'_c}$ (ksc)	ระยะฝัง ของเหล็ก รับแรงอัด (m)
RB9	28.26	63	756	11	0.25	12.5	0.21
DB12	37.68	113	1695	25	0.18	25	0.18
DB16	50.24	201	3015	20	0.30	25	0.24
DB20	628	314	4710	16	0.47	25	0.30

ระยะทาบของเหล็กเสริมรับแรงดึงตามมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กของ วสท. พ.ศ. 2538. กำหนดให้ความยาวของเหล็กข้ออ้อยที่นำมาต่อทาบกันต้องไม่น้อยกว่า 24, 30 และ 36 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กที่มีกำลังคลาก 3,000, 4,000 และ 5,000 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ แต่เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์จึงกำหนดในการวัดปริมาณของเหล็กเสริมบันไดตามยาวให้มีความยาวของการต่อทาบเท่ากับ 40 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กที่ใช้งาน

โดยทั่วไปในการก่อสร้างทั่วไปนิยมหล่อคานให้เสร็จก่อนแล้วจึงทำการหล่อบันไดจึงต้องทำการฝังเหล็กฝากไว้ที่คานเพื่อทำการต่อทาบเป็นเหล็กเสริมล่างตามยาวต่อไป ในที่นี้จึงกำหนดให้มีการฝากเหล็กและโผล่ระยะทาบ 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก

ดังที่กล่าวมาข้างต้นเพื่อความสะดวกในการพิจารณาจึงได้กำหนดข้อสมมุติฐานของการวัดปริมาณของเหล็กเสริมตามยาวของบันไดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมุติฐาน 1. การคิดเหล็กบันไดจะไม่รวมชานพัก

2. บันไดเป็นบันไดท้องเรียบ

3.ระยะทาบของเหล็กรับแรงดึง =40D

4. ขนาดของคานที่รองรับ = 0.20 เมตร

5. เหล็กล่างตามขวางเป็น RB9@ 0.20 เมตร

6. เหล็กขั้นบันไดตามขวางเป็น RB6@ 0.20 เมตร

7. เหล็กตามขวางขั้นบันไดเป็น RB9 ทุกมุม

8. ขนาดของลูกตั้งเป็น 0.18 เมตร

9. ขนาดของลูกนอนเป็น 0.25 เมตร

10.ความกว้างของบันไดเป็น 1.00 เมตร

ลักษณะต่าง ๆ ของบันไดได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.6.1 สำหรับวิธีประมาณการ และรูปที่ 2.6.2 สำหรับวิธีระเบียนการดัดเหล็ก และจะพิจารณาในการวิเคราะห์เหล็กเสริมตามยาวนี้ เราจะใช้เหล็กมีขนาดตั้งแต่ 9 – 20 มม.และแบ่งเป็นอีก 3 กรณีคือ

1.เหล็กเสริมล่างตามยาวมีระยะ @ 0.10 เมตร

2.เหล็กเสริมล่างตามยาวมีระยะ @ 0.15 เมตร

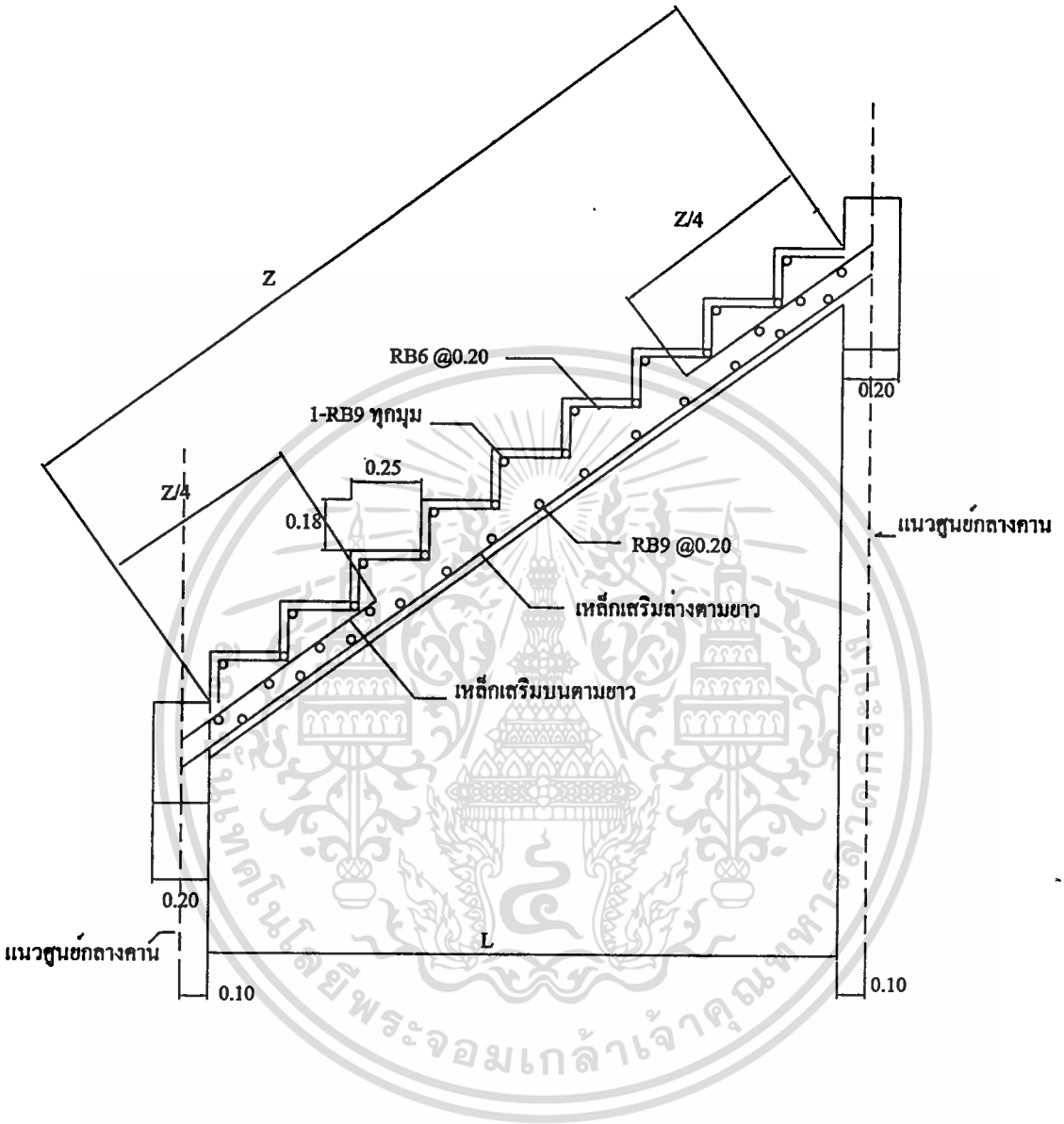
3.เหล็กเสริมล่างตามยาวมีระยะ @ 0.20 เมตร

การคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลต่างของแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็ก

ในการคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลต่างของแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กของเหล็กเสริมบันไดนี้จะมีค่าเท่ากับ ปริมาณของเหล็กเสริมตามยาวและปริมาณของเหล็กเสริมตามขวางและเหล็กเสริมรูปขั้นบันไดตามวิธีประมาณการ ลบด้วยปริมาณของเหล็กเสริมตามยาวและปริมาณของเหล็กเสริมตามขวางและเหล็กเสริมรูปขั้นบันไดตามวิธีระเบียนการดัดเหล็ก ทั้งหมดหารด้วยปริมาณของเหล็กเสริมตามยาวและปริมาณของเหล็กเสริมตามขวางและเหล็กเสริมรูปขั้นบันไดตามวิธีระเบียนการดัดเหล็ก

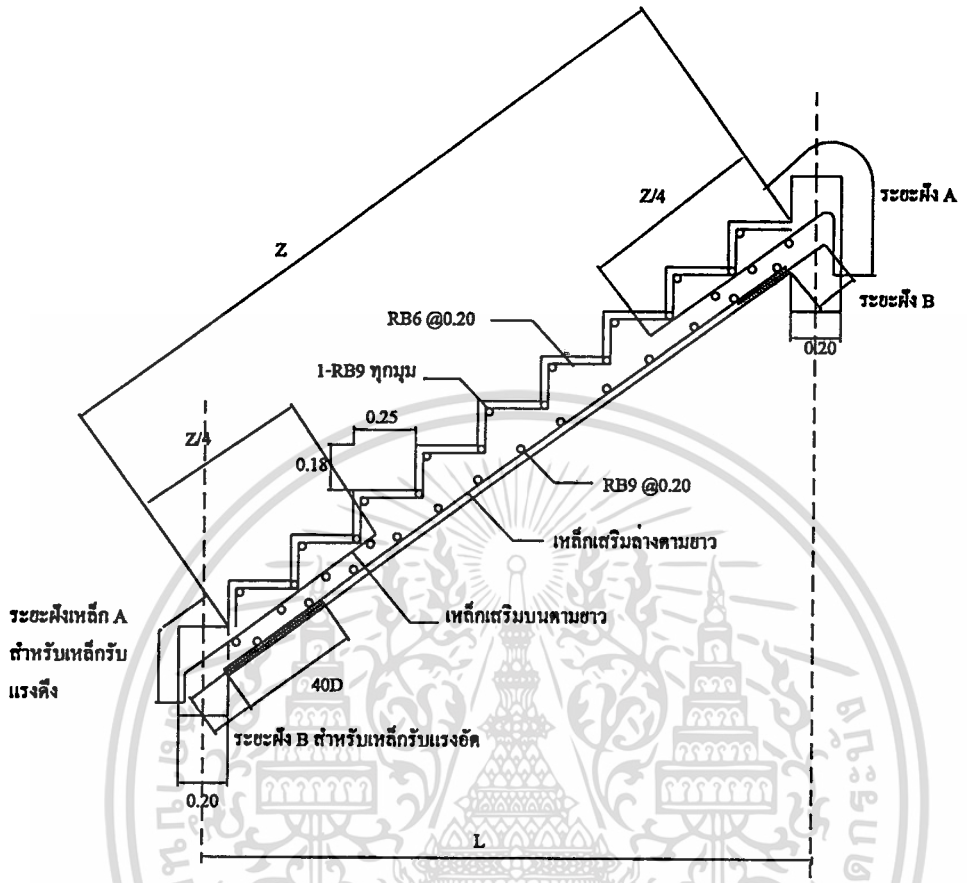
$$\%\ \text{ผลต่าง} = [\ (\text{เหล็กตามยาว} + \text{เหล็กตามขวาง} + \text{เหล็กตามขั้นบันได})_{\text{วิธีประมาณการ}} - (\text{เหล็กตามยาว} + \text{เหล็กตามขวาง} + \text{เหล็กตามขั้นบันได})_{\text{วิธีระเบียนการดัดเหล็ก}}\ ] / (\text{เหล็กตามยาว} + \text{เหล็กตามขวาง} + \text{เหล็กตามขั้นบันได})_{\text{วิธีระเบียนการดัดเหล็ก}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6.1 แสดงระยะการคำนวณเหล็กบันไดแบบประมาณการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6.2 แสดงระยะการคำนวณเหล็กบันไดแบบระเบียนการดัดเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าปริมาณของเหล็กตามขวางและเหล็กรูปขั้นบันไดจากทั้ง 2 วิธีมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นเพื่อให้การคำนวณง่ายขึ้นลดปัจจัยของเหล็กตามขวางและเหล็กรูปขั้นบันไดจึงใช้ค่าของปริมาณของเหล็กตามขวางและเหล็กรูปขั้นบันได (K) ทั้ง 2 วิธีเท่ากัน

กำหนดส่วนน้ำหนักของเหล็กเสริมตามขวางและเหล็กรูปขั้นบันไดคิดเป็นน้ำหนักต่อเมตรดังนี้

- เหล็กล่างตามขวาง RB9@0.20 เมตร ในความยาวช่วงของบันได 1 เมตรในแนวราบ มีจำนวน 6.15 ท่อนจะมีน้ำหนักเท่ากับ 6.15 ท่อน * 0.95 เมตร * 0.499 กิโลกรัมต่อเมตร = 2.9 กิโลกรัมต่อเมตร
- เหล็กบนตามขวาง RB9 ทุกมุม ในความยาวช่วงของบันได 1 เมตรในแนวราบมีจำนวน 8ท่อน จะมีน้ำหนักเท่ากับ 8 ท่อน * 0.95 เมตร * 0.499 กิโลกรัมต่อเมตร = 3.8 กิโลกรัมต่อเมตร
- เหล็กรูปขั้นบันได RB6@0.20 เมตร ในความยาวช่วงของบันได 1 เมตรในแนวราบ มีความยาวเท่ากับ 1.80 เมตรจำนวน 6 ท่อน จะมีน้ำหนักเท่ากับ 6 ท่อน * 1.80 เมตร * 0.222 กิโลกรัมต่อเมตร = 2.40 กิโลกรัมต่อเมตร

ฉะนั้นจะได้น้ำหนักในส่วนของเหล็กเสริมตามขวางและเหล็กรูปขั้นบันไดต่อความยาวช่วงตามแนวราบของบันได 1 เมตร (K) เท่ากับ 9.1 กิโลกรัมต่อเมตร

1..การวัดปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก

ความยาวของเหล็กเสริมล่างตามยาวเท่ากับ ความยาวตามเอียงของช่วงบันไดจากริมเสาด้านในถึงริมเสาด้านในอีกด้านหนึ่ง (Z1) บวกด้วยระยะความยาวของเหล็กที่ฝาก(B) ตามตารางที่ 2.6 ไว้ในคานและบวกด้วยความยาวของระยะทาบอีก 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริมที่ใช้

ความยาวของเหล็กเสริมล่างตามยาว = Z1 + 2B +2 * 40D (2.6.1)

ส่วนความยาวของเหล็กเสริมบนตามยาวเพื่อรับแรงดึงเท่ากับ ความยาวตามเอียงของบันไดจากริมที่รองรับถึงริมที่รองรับอีกฝั่งหนึ่งหารด้วย 4 (Z/4) บวกด้วยระยะฝังรับแรงดึงของเหล็กในคาน (A)ตามตารางที่ 2.6.2

ความยาวของเหล็กเสริมบนตามยาวเพื่อรับแรงดึง

= 2 * (Z1/4 + ระยะฝังของเหล็ก) (2.6.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวัดปริมาณเหล็กแบบประมาณการ

ตามมาตรฐานของวสท. ความยาวของเหล็กเสริมบันไดให้คิดดังนี้

- เหล็กเสริมหลักตามขวางคิดเท่ากับความกว้างบันได
- เหล็กเสริมหลักตามยาวคิดยาวเท่ากับความกว้างบันไดจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับ
- เหล็กดัดตามรูปขั้นบันได ให้วัดความยาวตามผิวลูกขั้นบันได

ความยาวของเหล็กเสริมล่างตามยาวเท่ากับ ความยาวตามเอียงของช่วงบันไดจากศูนย์กลางที่รองรับถึงศูนย์กลางที่รองรับอีกด้านหนึ่ง (Z2) คูณด้วยเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ความยาวของเหล็กเสริมล่าง = Z2 * เปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่ม (2.6.3)

ส่วนความยาวของเหล็กเสริมบนตามยาวเพื่อรับแรงดึงเท่ากับ ความยาวตามเอียงของบันไดจากริมที่รองรับถึงริมที่รองรับอีกด้านหนึ่ง(Z1) หารด้วย 4 (Z1/4 + ความยาวตามเอียงจากริมที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับ) แล้วคูณด้วยเปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่มตามตารางที่ 1.1

ส่วนความยาวของเหล็กเสริมบน = (Z1/4 + 0.123) * เปอร์เซ็นต์เหล็กเพิ่ม (2.6.4)

<u>ตัวอย่างการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมตามยาว</u>

กรณีที่ 1 ใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม ระยะ @0.10 เมตร มีจำนวน 10 ท่อน ความยาวจากริมเสาด้านในถึงริมเสาด้านในถึงริมเสาด้านในอีกด้านหนึ่ง เท่ากับ 2 เมตร ปริมาณเหล็กเสริมตามขวางและเหล็กรูปขั้นบันไดเท่ากับ 9.1 กก.ต่อความยาวช่วงบันได 1 เมตร

แบบระเบียนการดัดเหล็ก

= 10 ท่อน * 0.499 กก./ม. *[2.0 * 1.23 + 2 *0.18 + 2*40*0.012 + 2*((2.0*1.23)/4 + 0.18)] เมตร

= 45.55 กิโลกรัม

แบบประมาณการ

= 10 ท่อน * 0.499 กก./ม. * [2.0 * 1.23 + 2(2.0*1.23/4 + 0.123)] * 1.09 เมตร

= 40.48 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% ผลต่างของแบบประมาณการเมื่อเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็ก

= (ปริมาณเหล็กจากวิธีประมาณการ) - (ปริมาณเหล็กจากแบบระเบียนดัดเหล็ก)

หารด้วย (ปริมาณจากแบบระเบียนดัดเหล็ก)

= [(เหล็กตามยาว + เหล็กตามขวาง+เหล็กตามขั้นบันได)$_{\text{วิธีประมาณการ}}$

- (เหล็กตามยาว + เหล็กตามขวาง+เหล็กตามขั้นบันได)$_{\text{วิธีระเบียนการดัดเหล็ก}}$]

/ (เหล็กตามยาว + เหล็กตามขวาง+เหล็กตามขั้นบันได)$_{\text{วิธีระเบียนการดัดเหล็ก}}$

= [(40.48+ 2*9.1) – (45.55+ 2*9.1)] / (45.55 + 2*9.1) = - 7.96 %

ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบถึงความแตกต่างในกรณีที่ไม่คิดระยะทาบ 40 D ของเหล็กเสริมล่างตามยาว ปริมาณเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็กจึงเหลือเพียง

= 2.00 * 1.23 + 2*0.18 +2*(2.0 * 1.23/4 + 0.18)

=39.16 กิโลกรัม

% ผลต่างจึง = 2.30 %

ส่วนปริมาณของเหล็กเสริมตามยาวทั้ง 3 กรณีและ %ผลต่างจะแสดงในตารางที่ 2.6.3, 2.6.4 และ 2.6.5 ตามลำดับ

จากการพิจารณารูปที่ 2.6.1, 2.6.2 และ 2.6.3 จะทราบได้ว่า

1. ขนาดความยาวตามแนวราบของช่วงบันไดยิ่งมีค่าเพิ่มขึ้นปริมาณที่วัดได้จากวิธีประมาณการมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีระเบียนการดัดเหล็ก

2. สำหรับเหล็กข้ออ้อย ยิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้ปริมาณที่วัดได้จากวิธีประมาณการมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีระเบียนการดัดเหล็กมีค่าลดลง

3.ระยะ@ของเหล็กเสริมตามยาวไม่ค่อยมีผลต่อปริมาณที่วัดได้จากวิธีประมาณการมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีระเบียนการดัดเหล็ก

4. ในกรณีที่ไม่คิดการต่อทาบของเหล็กเสริมล่างตามยาวจะทำให้ปริมาณที่วัดได้จากวิธีประมาณการมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีระเบียนการดัดเหล็กมีค่าเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6.3 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณเหล็กเสริมตามยาวกับความยาวช่วงของบันได

กรณีที่ 1 เหล็กเสริมตามขวาง มีระยะ@0.10 เมตร

ความยาวช่วงตามแนวราบ (เมตร)	ขนาดเหล็ก	แบบระเบียนการดัดเหล็ก (กก.)	แบบระเบียนการดัดเหล็ก (กก.)	แบบประมาณการ (กก.)	ปริมาณเหล็กตามขวางและเหล็กขึ้นบันได (กก.)	% ผลต่าง	% ผลต่าง*
2.00	RB9	26.60	23.00	22.33	18.20	-9.53%	-1.64%
	DB12	45.55	39.16	40.48	18.20	-7.96%	2.30%
	DB16	86.74	75.37	73.34	18.20	-12.77%	-2.16%
	DB20	146.73	128.97	116.53	18.20	-18.31%	-8.45%
3.00	RB9	35.80	32.21	32.18	27.30	-5.74%	-0.05%
	DB12	61.94	55.54	58.34	27.30	-4.04%	3.37%
	DB16	115.89	104.52	105.70	27.30	-7.12%	0.90%
	DB20	192.22	174.47	167.95	27.30	-11.06%	-3.23%
4.00	RB9	45.01	41.42	42.03	36.40	-3.66%	0.79%
	DB12	78.32	71.93	76.19	36.40	-1.85%	3.94%
	DB16	145.04	133.67	138.06	36.40	-3.85%	2.58%
	DB20	237.72	219.97	219.36	36.40	-6.70%	-0.24%
5.00	RB9	54.22	50.62	51.88	45.50	-2.34%	1.31%
	DB12	94.71	88.31	94.05	45.50	-0.47%	4.29%
	DB16	174.20	162.82	170.42	45.50	-1.72%	3.65%
	DB20	283.22	265.46	270.77	45.50	-3.79%	1.71%

หมายเหตุ *ในกรณีที่ไม่รวมระยะทาบของเหล็กเสริมล่างตามขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6.4 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณเหล็กเสริมตามยาวกับความยาวช่วงของบันได

กรณีที่ 2 เหล็กเสริมตามขวาง มีระยะ@0.15 เมตร

ความยาวช่วงตามแนวราบ (เมตร)	ขนาดเหล็ก	แบบระเบียนการดัดเหล็ก (กก.)	แบบระเบียนการดัดเหล็ก (กก.)	แบบประมาณการ (กก.)	ปริมาณเหล็กตามขวางและเหล็กขั้นบันได (กก.)	% ผลต่าง	% ผลต่าง*
2.00	RB9	18.62	16.10	15.63	18.20	-8.11%	-1.38%
	DB12	31.89	27.41	28.33	18.20	-7.09%	2.02%
	DB16	60.72	52.76	51.34	18.20	-11.88%	-1.99%
	DB20	102.71	90.28	81.57	18.20	-17.48%	-8.03%
3.00	RB9	25.06	22.55	22.53	27.30	-4.84%	-0.04%
	DB12	43.36	38.88	40.84	27.30	-3.57%	2.95%
	DB16	81.13	73.16	73.99	27.30	-6.58%	0.83%
	DB20	134.56	122.13	117.56	27.30	-10.50%	-3.06%
4.00	RB9	31.51	28.99	29.42	36.40	-3.07%	0.66%
	DB12	54.83	50.35	53.34	36.40	-1.63%	3.44%
	DB16	101.53	93.57	96.64	36.40	-3.54%	2.37%
	DB20	166.41	153.98	153.55	36.40	-6.34%	-0.22%
5.00	RB9	37.95	35.44	36.32	45.50	-1.96%	1.09%
	DB12	66.29	61.82	65.84	45.50	-0.41%	3.74%
	DB16	121.94	113.97	119.29	45.50	-1.58%	3.33%
	DB20	198.25	185.83	189.54	45.50	-3.57%	1.61%

หมายเหตุ *ในกรณีที่ไม่รวมระยะทาบของเหล็กเสริมล่างตามขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

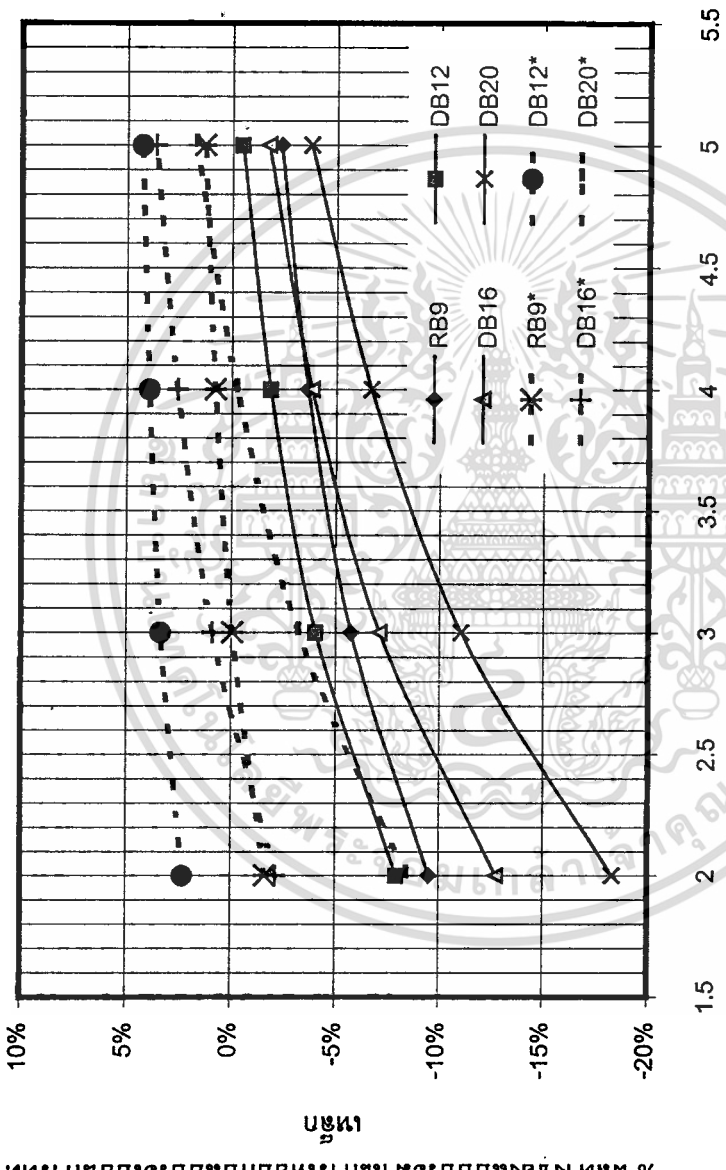
ตารางที่2.6.5 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณเหล็กเสริมตามยาวกับความยาวช่วงของบันได

กรณีที่ 3 เหล็กเสริมตามขวาง มีระยะ@0.20 เมตร

ความยาวช่วงตามแนวราบ (เมตร)	ขนาดเหล็ก	แบบระเบียนการดัดเหล็ก (กก.)	แบบระเบียนการดัดเหล็ก (กก.)	แบบประมาณการ (กก.)	ปริมาณเหล็กตามขวางและเหล็กชั้นบันได (กก.)	% ผลต่าง	% ผลต่าง*
2.00	RB9	13.30	11.50	11.16	18.20	-6.77%	-1.14%
	DB12	22.78	19.58	20.24	18.20	-6.19%	1.74%
	DB16	43.37	37.68	36.67	18.20	-10.88%	-1.81%
	DB20	73.36	64.49	58.27	18.20	-16.49%	-7.52%
3.00	RB9	17.90	16.11	16.09	27.30	-4.01%	-0.04%
	DB12	30.97	27.77	29.17	27.30	-3.09%	2.53%
	DB16	57.95	52.26	52.85	27.30	-5.98%	0.74%
	DB20	96.11	87.23	83.97	27.30	-9.84%	-2.85%
4.00	RB9	22.50	20.71	21.02	36.40	-2.53%	0.54%
	DB12	39.16	35.96	38.10	36.40	-1.41%	2.95%
	DB16	72.52	66.83	69.03	36.40	-3.21%	2.13%
	DB20	118.86	109.98	109.68	36.40	-5.91%	-0.21%
5.00	RB9	27.11	25.31	25.94	45.50	-1.61%	0.89%
	DB12	47.35	44.16	47.03	45.50	-0.35%	3.20%
	DB16	87.10	81.41	85.21	45.50	-1.42%	2.99%
	DB20	141.61	132.73	135.39	45.50	-3.33%	1.49%

หมายเหตุ *ในกรณีที่ไม่รวมระยะทาบของเหล็กเสริมล่างตามขวาง

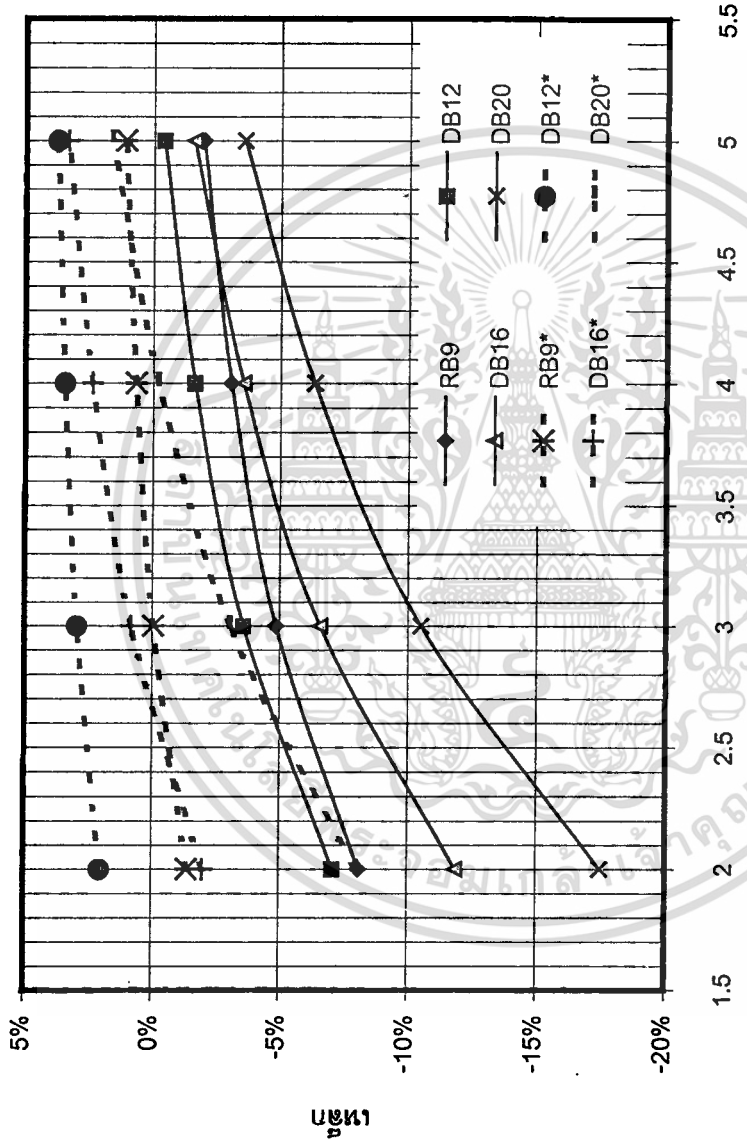
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของบันไดกับ % ผลต่าง ของบันไดกรณีระยะ @ = 0.10 เมตร

หมายเหตุ *เส้นประเป็นกรณีที่เหล็กเสริมต่างตามยาวเป็นเหล็กเส้นเดียวกันตลอดไม่มีการต่อทาบ

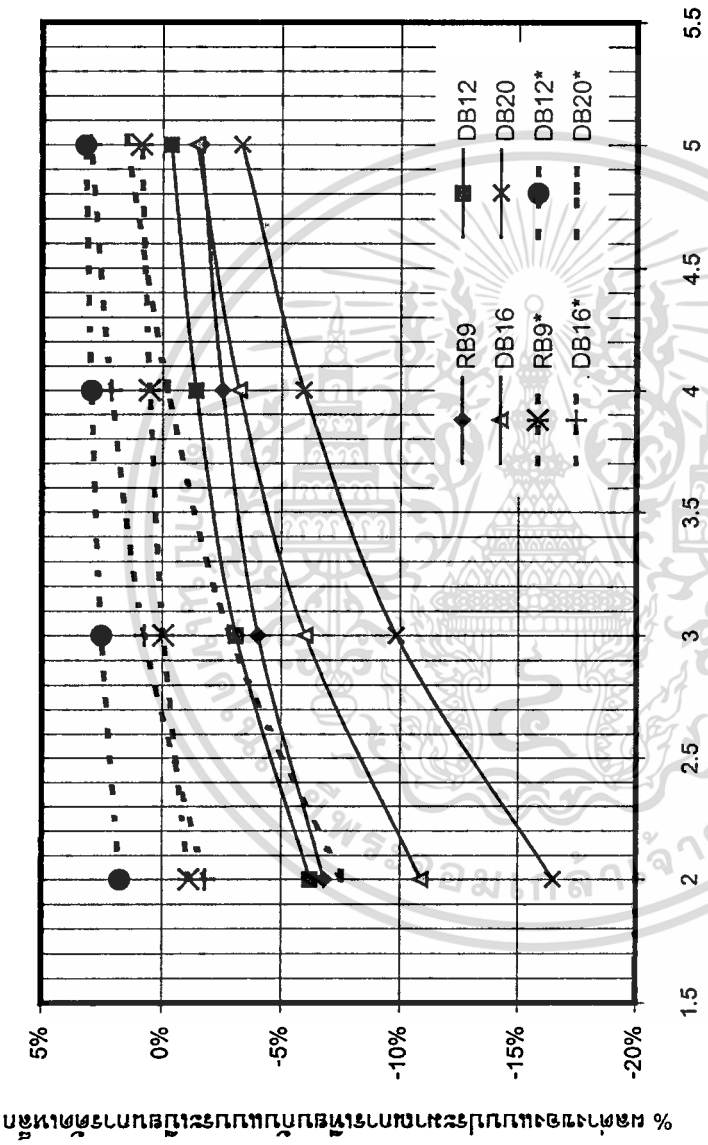
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของบันไดกับ % ผลต่างของบันไดกรณีระยะ @0.15 เมตร

หมายเหตุ *เส้นประเป็นกรณีที่เหล็กเสริมต่างตามยาวเป็นเหล็กเส้นเดียวกันตลอดไม่มีการต่อทาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของบันไดกับ % ผลต่าง ของบันไดกรณีระยะ @0.20 เมตร

หมายเหตุ *เส้นประเป็นกรณีที่ไม่เหล็กเสริมต่างตามยาวเป็นเหล็กเส้นเดียวกันตลอดไม่มีการต่อทาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
กรณีศึกษา

จากการทดลองวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตโดยทั้งการวัดปริมาณเหล็กเสริมโดยใช้วิธีระเบียนการดัดเหล็ก และวิธีประมาณการนั้นได้ทำการคัดเลือกอาคารมาศึกษาดังต่อไปนี้

1. อาคารสำนักงานและพักอาศัย 8 ชั้น ซอยเจริญนคร40 ถนนเจริญนคร บุคคโล กรุงเทพมหานคร

2. อาคารพักอาศัย ค.ส.ล. 8 ชั้น 3 หลัง ซอยโชคชัยร่วมมิตร ถนนวิภาวดีรังสิต ลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร

3. อาคารศูนย์กลางวิจัยโยธี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรุงเทพมหานคร

โดยจะทำการวิเคราะห์ถึงปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตเป็นอาคาร ๆ ไป

3.1 อาคารที่ 1

เป็นอาคารสำนักงานและที่พักอาศัย สูง 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 7,850 ตารางเมตร โดยปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตที่วัดได้จากวิธีระเบียนการดัดเหล็กและวิธีประมาณการแสดงไว้ในตารางที่ 3.1.1 ถึง 3.1.7 ซึ่งจะทำการพิจารณาปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตตามชนิดขององค์อาคารดังนี้

1. ฐานราก
2. ตอม่อ
3. เหล็กปลอกของ ตอม่อ, เสา และคาน
4. เสา
5. คาน
6. พื้นในระบบ พื้น – คาน
7. พื้นในระบบพื้นไร้คาน
8. บันได

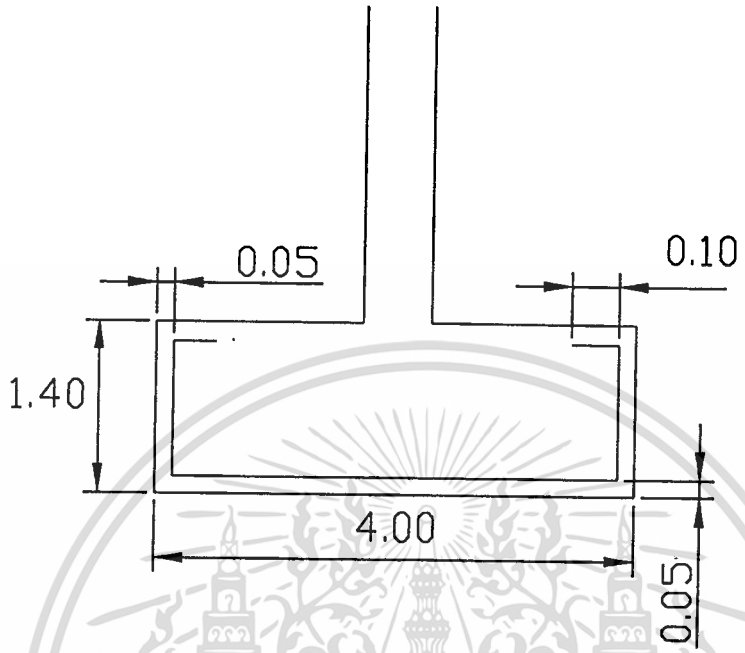
3.1.1.ฐานราก

เหล็กเสริมฐานรากของอาคารที่ 1 ประกอบด้วย

1. เหล็กตะแกรงฐานรากเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 25 มม.
2. เหล็กตะกร้อฐานรากเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 25 มม.
3. เหล็กรัดรอบฐานรากเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 20 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานรากของอาคารที่ 1 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีขนาดตั้งแต่ 1.0 * 2.50 ถึง 5.50 * 5.50 เมตร มีความยาวเฉลี่ยของฐานรากเท่ากับ 4.00 เมตร, ความหนาเฉลี่ยของฐานรากเท่ากับ 1.40 เมตร และความยาวเส้นรอบรูปเฉลี่ย 15.90 เมตรดังแสดงในรูปที่ 3.1.1



รูปที่ 3.1.1 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเฉลี่ยของเหล็กเสริมฐานราก

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อที่ 2.1 พบว่า

1. เหล็กตะแกรงฐานรากควรจะมี % ผลต่างของปริมาณเหล็กแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กอยู่ในช่วงประมาณ –2 ถึง 5 % ในช่วงความยาวฐานราก 3 ถึง 6 เมตรสำหรับเหล็กข้ออ้อยขนาด 25 มม.
2. เหล็กตะกร้อฐานรากควรจะมี % ผลต่างของปริมาณเหล็กแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กอยู่ในช่วงประมาณ 17 ถึง 18 % ในช่วงความยาวฐานราก 3 ถึง 6 เมตร สำหรับฐานรากหนา 1.50 เมตรและเหล็กข้ออ้อยขนาด 25 มม.
3. เหล็กรัดรอบฐานรากควรจะมี % ผลต่างของปริมาณเหล็กแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กอยู่ในช่วงประมาณ 9 ถึง 11 % ในช่วงความยาวรอบรูปฐานราก 10 ถึง 20 เมตรและเหล็กข้ออ้อยขนาด 20 มม.

จากการพิจารณาตารางที่ 3.1.2 พบว่า % ผลต่างไม่รวมเศษของฐานรากมีค่าอยู่ระหว่าง 9 – 13 % แต่ค่า % ผลต่างจากรูปที่ 2.1.6 กรณีที่ฐานรากยาว 4.00 เมตร, หนา 1.50 เมตร และใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 25 มม.จะเท่ากับ 17.5 % ทั้งนี้ที่แตกต่างกันเนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนปลายของเหล็กเสริมฐานรากเป็นเหล็กตะกร้อในส่วนของการวิเคราะห์กำหนดให้มีความยาวเท่ากับ 0.10 เมตร แต่ในแบบก่อสร้างกำหนดให้มีความยาวเท่ากับ 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก ทำให้ปริมาณเหล็กตะกร้อฐานรากแบบระเบียนการดัดเหล็กมีค่ามากขึ้น ในขณะที่ปริมาณเหล็กตะกร้อฐานรากแบบประมาณการทีค่าเท่าเดิม จึงทำให้ % ผลต่างมีค่าลดลง
2. ความหนาเฉลี่ยของฐานรากเป็น 1.40 เมตร ในขณะที่สมมุติฐานให้ฐานรากหนา 1.50 เมตร จึงทำให้ % ผลต่างมีค่าลดลง
3. ใน F6, F7, F8 และ F9 มีการเสริมฐานรากด้วยเหล็กตะแกรงร่วมกับเหล็กตะกร้อในฐานรากด้วยซึ่งค่า % ผลต่างของเหล็กตะแกรงของฐานรากยาว 4.00 เมตร ใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 25 มม. เท่ากับ 2.5 %
4. ในส่วนของเหล็กรัดรอบฐานรากที่ความยาวรอบรูปเฉลี่ย 15.90 เมตร จะมีค่า % ผลต่างเท่ากับ 8 %

จึงส่งผลให้ค่า % ผลต่างเฉลี่ยของปริมาณเหล็กเสริมฐานรากแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กแบบไม่รวมเศษเหล็กมีค่าลดลงจาก 17.50 % เป็น 11.69 %

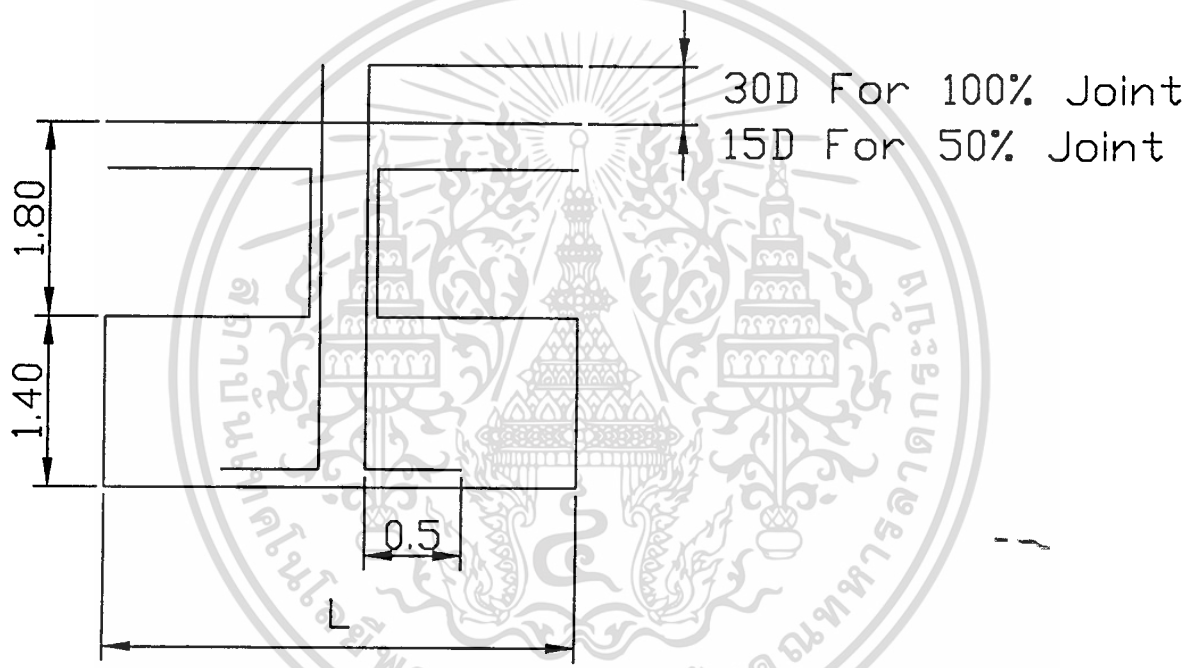
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ตอม่อ

เหล็กเสริมตอม่อของอาคารที่ 1 ประกอบด้วย

1. เหล็กยืนตอม่อเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 25 และ 32 มม.
2. เหล็กปลอกตอม่อเป็นเหล็กกลมขนาด 9 มม.

สำหรับตอม่อของอาคารในกรณีศึกษาที่ 1 มีความสูง 1.80 เมตร, ฐานรากหนาเฉลี่ย 1.40 เมตร, หน้าตัดของตอม่อมีขนาดตั้งแต่ 0.40*0.40 ถึง 0.60*1.10 เมตร และมีขนาดเส้นรอบรูปเฉลี่ย 3.00 เมตรดังแสดงในรูปที่ 3.1.2



รูปที่ 3.1.2 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมตอม่อ

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อที่ 2.2 พบว่า

1. เหล็กยืนตอม่อขนาด 25 และ 32 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง – 22 ถึง - 18 % เมื่อตอม่อมีความสูง 1.0 เมตร, ฐานรากหนา 1.0 เมตร กรณีทำการต่อเหล็กแบบ 50 %
2. เหล็กปลอกขนาด 9 มม.ที่มีเส้นรอบรูปตั้งแต่ 2.00 ถึง 4.00 เมตรมี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 9 ถึง 11 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาตารางที่ 3.1.3 ซึ่งแสดงปริมาณเหล็กเสริมตอม่อโดยไม่รวมปริมาณเหล็กปลอกพบว่า % ผลต่างไม่รวมเศษของตอม่อมีค่าเท่ากับ – 10.20 % แต่ค่า % ผลต่างจากรูปที่ 2.2.4 กรณีใช้เหล็กขนาด 25 มม. ที่ตอม่อสูง 1.00 เมตร, ต่อเหล็กแบบ 50 % และฐานรากหนา 1.00 เมตร จะเท่ากับ – 18 % ทั้งนี้ที่แตกต่างกันเนื่องจาก

1. ความหนาเฉลี่ยของฐานรากเท่ากับ 1.40 เมตรในขณะที่สมมุติฐานให้ฐานรากหนา 1.00 เมตร จึงทำให้ % ผลต่างมีค่าเพิ่มขึ้น
2. ความสูงของต่อม่อเท่ากับ 1.80 เมตร ในขณะที่สมมุติฐานให้ตอม่อสูง 1.00 เมตร

การคำนวณ % ผลต่างของเหล็กยืนตอม่อ

เมื่อเหล็กยืนตอม่อมีความยาวจากท้องฐานรากถึงระดับหลังพื้นชั้นที่ 1 เท่ากับ 3.20 เมตร และทำการต่อเหล็กแบบ 50 %

ความยาวเหล็กยืนตอม่อแบบระเบียนการดัดเหล็ก

= ระยะงอตีนเป็ด + ความสูงของเหล็กยืน + ระยะทาบ

= 0.50 + 3.15 + 15 * 0.025 = 4.03 เมตร สำหรับเหล็กขนาด 25 มม.

= 0.50 + 3.15 + 15 * 0.032 = 4.13 เมตร สำหรับเหล็กขนาด 32 มม.

ความยาวเหล็กยืนตอม่อแบบประมาณการ

= ความสูงจากท้องฐานรากถึงหลังพื้นชั้น 1 * % เหล็กเพิ่ม

= 3.20 * 1.15 = 3.68 เมตร สำหรับเหล็กขนาด 25 และ 32 มม.

% ผลต่าง = ผลต่าง / ความยาวเหล็กแบบระเบียนการดัดเหล็ก

= (3.68 – 4.03) / 4.03 = - 8.68 % สำหรับเหล็กขนาด 25 มม.

= (3.68 – 4.13) / 4.13 = - 10.90 % สำหรับเหล็กขนาด 32 มม.

โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมตอม่อขนาด 25 และ 32 มม. ความยาวเหล็กยืนตอม่อ 3.20 เมตรมีค่าเท่ากับ – 8.57 และ - 10.90 % ตามลำดับ จึงส่งผลให้ค่า % ผลต่างเฉลี่ยของปริมาณเหล็กเสริมตอม่อแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กแบบไม่รวมเศษเหล็กและไม่รวมปริมาณเหล็กปลอกมีค่าเพิ่มขึ้นจาก - 8.57 % เป็น – 10.20 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 เหล็กปลอกของตอม่อ, เสา และคาน

เหล็กปลอกของอาคารที่ 1 ประกอบด้วย

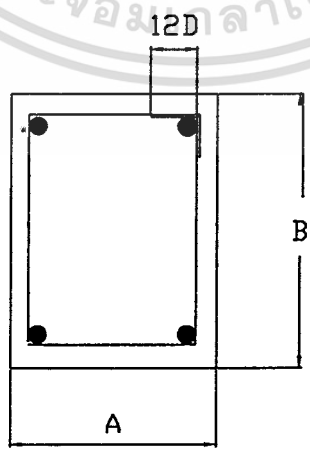
1. เหล็กปลอกตอม่อเป็นเหล็กกลมขนาด 9 มม.
2. เหล็กปลอกเสาเป็นเหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม.
3. เหล็กปลอกคานเป็นเหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม. และเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม.

สำหรับเหล็กปลอกตอม่อมีขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 0.40*0.40 ถึง 0.60*1.10 เมตร, เหล็กปลอกเสามีขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 0.25*0.25 ถึง 0.45*0.95 เมตร และเหล็กปลอกคานมีขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 0.25*0.25 ถึง 0.50*0.80 เมตร โดยมีการจัดวางเหล็กปลอกตามลักษณะหน้าตัดและจำนวนเหล็กยืน

สำหรับการวิเคราะห์เหล็กปลอกในหัวข้อที่ 2.3.2 พบว่า

1. ปริมาณเหล็กปลอกรูปสี่เหลี่ยมใด ๆ จะมีค่า % ผลต่างอยู่ระหว่าง 7 ถึง 12 % เมื่อใช้เหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม. และเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม.ที่มีความยาวของเส้นรอบรูปอยู่ระหว่าง 1.50 ถึง 4.00 เมตร

จากการพิจารณาตารางที่ 3.1.4 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยไม่รวมเศษของเหล็กปลอกเสามีค่าเท่ากับ 9.71 % และ % ผลต่างจากรูปที่ 2.3.5 อยู่ระหว่าง 7 ถึง 12 % กรณีที่มีความยาวเส้นรอบรูปของคานอยู่ระหว่าง 1.50 ถึง 4.00 เมตร แต่เนื่องจากในการพิจารณาเหล็กปลอกของตอม่อ, เสา และคานนั้นกำหนดให้หน้าตัดของคานเป็นรูปสี่เหลี่ยมใด ๆ และมีการจัดวางเหล็กปลอกตามรูปที่ 3.1.3 เท่านั้น ไม่ได้พิจารณาถึงเหล็กปลอกในกรณีที่มีการจัดวางในลักษณะอื่น ค่า% ผลต่างที่ได้จากการวิเคราะห์จึงไม่ครอบคลุมถึงเหล็กปลอกตอม่อ, เสา และคานของอาคารที่ 1 เหล่านี้ด้วยจึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงปัจจัยของการจัดวางเหล็กปลอกต่อไป



รูปที่ 3.1.3 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กปลอก

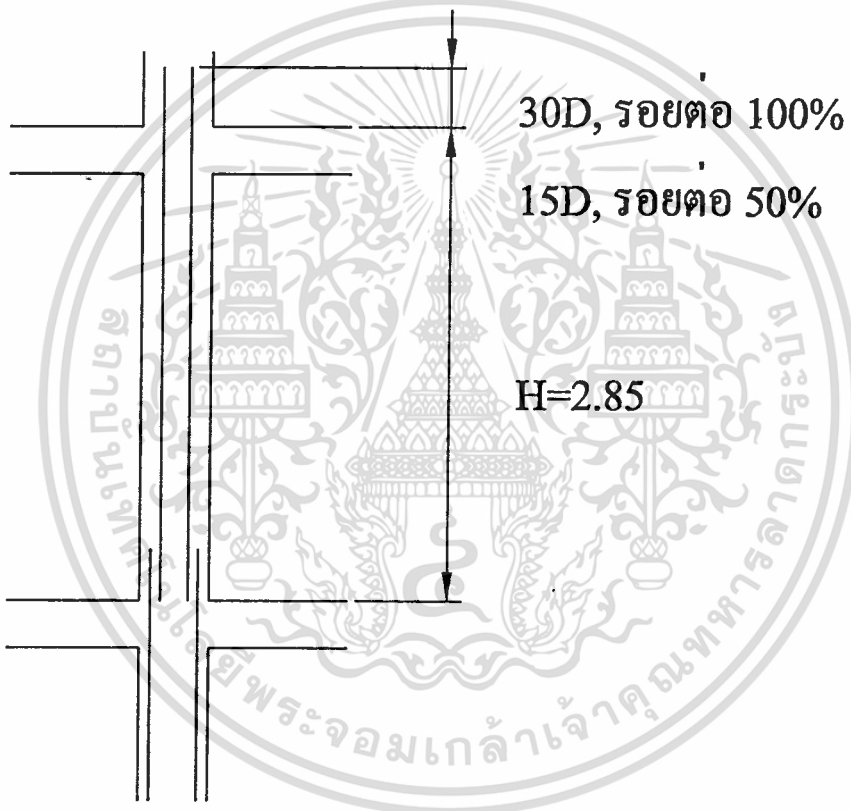
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 เสา

เหล็กเสริมเสาของอาคารที่ 1 ประกอบด้วย

1. เหล็กยืนเสาเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 16, 25 และ 32 มม.
2. เหล็กปลอกเสาเป็นเหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม.

เสาของอาคารที่ 1 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 0.25*0.25 ถึง 0.45*0.95 เมตร, ความยาวเส้นรอบรูปเฉลี่ย 2.28 เมตร และมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 2.85 เมตรดังแสดงในรูปที่ 3.1.4



รูปที่ 3.1.4 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมเสา

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อที่ 2.3 พบว่า

1. เหล็กยืนเสาขนาด 16, 25 และ 32 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง –2 ถึง 2 % เมื่อเสามีความสูง 2.80 เมตร กรณีทำการต่อเหล็กแบบ 50 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาตารางที่ 3.1.3 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยโดยไม่รวมเหล็กปลอกและไม่รวมเศษของเสามีค่าเท่ากับ – 7.01 % และ % ผลต่างของเสาชั้นที่ 1 และ 3 มีค่าเท่ากับ –2.58 และ – 13.83 % ตามลำดับ แต่ค่า % ผลต่างจากรูปที่ 2.3.3 กรณีที่เสาใช้เหล็กขนาด 25 มม. และเสามีความสูง 2.80 เมตร จะเท่ากับ - 9 % กรณีที่ทำการต่อเหล็กแบบ 100 % ทั้งนี้ที่แตกต่างกันเนื่องจาก

1. ในข้อสมมุติฐานของเสา ความสูงจากระดับหลังพื้นชั้นหนึ่งถึงหลังพื้นอีกชั้นหนึ่งเท่ากับ 2.80 เมตร แต่ความสูงของระดับหลังพื้นชั้นหนึ่งถึงหลังพื้นอีกชั้นหนึ่งของอาคารที่ 1 อยู่ระหว่าง 2.50 ถึง 3.00 เมตร
2. สำหรับ % ผลต่างของเหล็กเสริมเสาชั้นที่ 1 นั้นมีค่าเท่ากับ – 2.58 % เนื่องจากส่วนใหญ่ในชั้นที่ 1 ใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 32 มม. และทำการต่อเหล็กแบบ 50 % โดยที่ค่า % ผลต่างจากรูปที่ 2.3.3 ในกรณีของเหล็กข้ออ้อยขนาด 32 มม.ที่ทำการต่อเหล็กแบบ 50 % ซึ่งเท่ากับ – 2 %
3. สำหรับ % ผลต่างของเหล็กเสริมเสาชั้นที่ 3 นั้นมีค่าเท่ากับ – 13.83 % นั้นเนื่องจากส่วนใหญ่ในชั้นที่ 3 เป็นการเปลี่ยนขนาดเหล็กยืนจากเหล็กข้ออ้อยขนาด 32 มม. ไปเป็นขนาด 25 มม. จึงต้องทำการต่อเหล็กแบบ 100 % ซึ่ง % ผลต่างจากรูปที่ 2.3.3 ในกรณีของเหล็กข้ออ้อยขนาด 32 มม.ที่ทำการต่อเหล็กแบบ 100 % เท่ากับ – 15 %

โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมเสาขนาด 25 มม. ความสูง 2.80 เมตร กรณีที่ต่อเหล็กแบบ 100 % มีค่า –9 % จึงส่งผลให้ค่า % ผลต่างเฉลี่ยของปริมาณเหล็กเสริมเสาแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กแบบไม่รวมเศษเหล็กมีค่าเพิ่มขึ้นจาก -9 % เป็น – 7.01 %

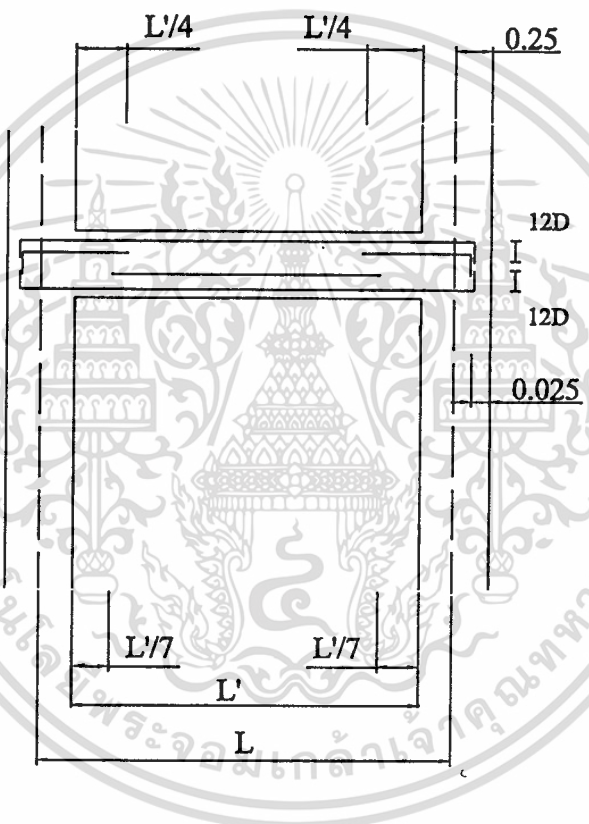
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 คาน

เหล็กเสริมคานของอาคารที่ 1 ประกอบด้วย

1. เหล็กเสริมหลักตามยาวเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 20 และ 25 มม.
2. เหล็กปลอกคานเป็นเหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม. และเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม.

คานของอาคารที่ 1 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 0.20*0.25 ถึง 0.50*0.80 เมตร,ความยาวตั้งแต่ 0.75 ถึง 8.50 เมตรดังแสดงในรูป 3.1.5



รูป 3.1.5 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมคาน

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อที่ 2.4 พบว่า

1. เหล็กเสริมหลักตามยาวของคานขนาด 20 และ 25 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง -5 ถึง 5 % เมื่อเป็นคานช่วงเดี่ยวที่มีความยาวช่วงระหว่าง 3.00 ถึง 8.00 เมตร
2. เหล็กปลอกขนาด 6, 9 และ 12 มม. ที่มีเส้นรอบรูปตั้งแต่ 1.00 ถึง 3.00 เมตร มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 8 ถึง 17 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาตารางที่ 3.1.5 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยโดยไม่รวมเหล็กปลอกและไม่รวมเศษเหล็กของคานมีค่าเท่ากับ 7.63 % และ % ผลต่างของคานชั้น 1,ชั้น 2 – 8 และหลังคามีค่าเท่ากับ 2.28, 10.58 และ 5.67 % ตามลำดับ แต่ค่า % ผลต่างของคานช่วงเดี่ยวกรณีที่ใช้เหล็กเสริมตามยาวขนาด 20 มม. เมื่อมีความยาวช่วง 5.00 เมตร เท่ากับ 4 % ทั้งนี้ที่ต่างกันเนื่องจาก

1. สำหรับ % ผลต่างของเหล็กเสริมคานชั้น 1 นั้นมีค่าเท่ากับ 2.28 % เนื่องจากคานชั้น 1 ส่วนใหญ่เป็นคานช่วงเดี่ยวที่ใช้เหล็กเสริมหลักขนาด 25 มม. มีความยาวช่วงระหว่าง 3.00 ถึง 8.00 เมตร จะมี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 0 ถึง 8 % ตามรูปที่ 2.4.12
2. สำหรับ % ผลต่างของเหล็กเสริมคานชั้น 2 – 8 นั้นมีค่าเท่ากับ 10.58 % เนื่องจากคานชั้น 2 - 8 ส่วนใหญ่เป็นคานช่วงเดี่ยวที่ใช้เหล็กเสริมหลักขนาด 25 มม.ความยาวระหว่าง 6.00 เมตร จะมี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 0 ถึง 8 % ตามรูปที่ 2.4.12
3. สำหรับ % ผลต่างของเหล็กเสริมคานชั้นหลังคานั้นมีค่าเท่ากับ 5.67 % เนื่องจากคานชั้นหลังคา ส่วนใหญ่ให้เหล็กเสริมหลักขนาด 25 มม. และเป็นคานช่วงเดี่ยว ความยาวช่วงเฉลี่ย 6.00 เมตร จะมี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 4 ถึง 6 % ตามรูปที่ 2.4.12

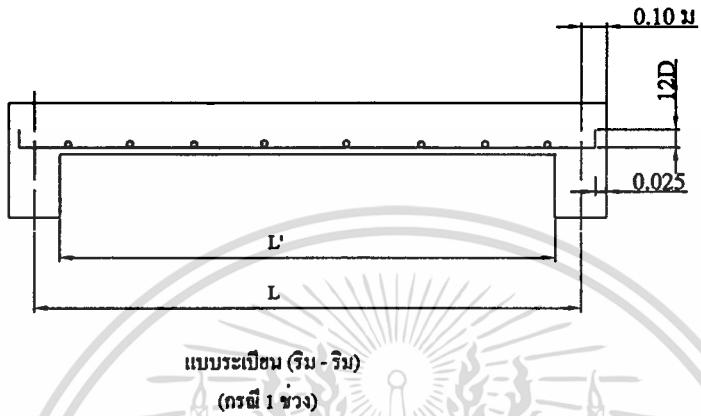
โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมคานขนาด 25 มม. เป็นคานช่วงเดี่ยวความยาวช่วง 6.00 เมตร เท่ากับ 6 % มีค่าใกล้เคียงกับค่า % ผลต่างเฉลี่ยของคานในอาคารที่ 1 คือ 7.63 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 พื้นในระบบพื้น – คาน

พื้นในระบบพื้น – คานของอาคารที่ 1 มีลักษณะเป็นพื้นทางเดียวประกอบด้วยเหล็กเส้นตรงเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม.ขนาดเดียว

พื้นในระบบพื้น – คาน ของอาคารที่ 1 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีขนาดตั้งแต่ 1.50*2.00 ถึง 4.00*8.50 เมตร โดยพื้นมีความหนา 0.15 และ 0.20 เมตรดังรูปที่ 3.1.6



รูปที่ 3.1.6 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมพื้นทางเดียวในระบบพื้น – คาน

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อที่ 2.5.1 พบว่า

1. เหล็กเสริมพื้นทางเดียวขนาด 12 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง – 5 ถึง 4 % เมื่อขนาดพื้นที่พื้นตั้งแต่ 2 ถึง 40 ตารางเมตร
2. สัดส่วนพื้นทางสั้นต่อทางยาว ไม่ค่อยมีผลต่อ % ผลต่าง

จากการพิจารณาตารางที่ 3.1.5 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยไม่รวมเศษของพื้นในระบบ พื้น – คานมีค่าเท่ากับ 1.66 % และ % ผลต่างของคานชั้นหลังคามีค่าเท่ากับ 9.55 % แต่ค่า % ผลต่างของพื้นกรณีที่ใช้เหล็กเสริมขนาด 12 มม. เมื่อขนาดพื้นเท่ากับ 20.00 ตารางเมตร เท่ากับ 3 % ทั้งนี้ที่ต่างกันเนื่องจาก

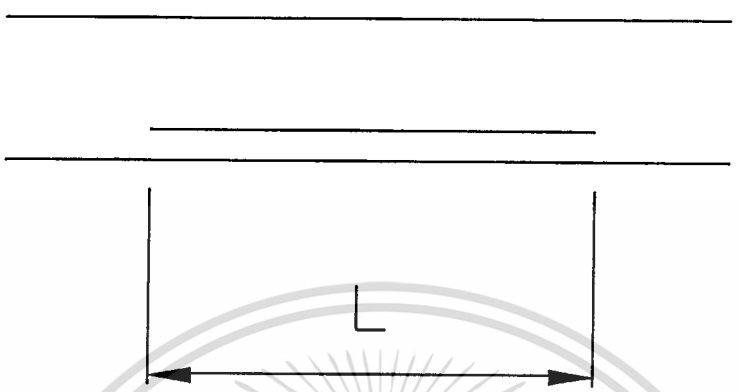
1. ขนาดพื้นที่เฉลี่ยของอาคารที่ 1 เท่ากับ 18.50 ตารางเมตรซึ่งมีค่า % ผลต่างประมาณ 2 % เมื่อพื้นส่วนใหญ่เป็นพื้นทางเดียว
2. สำหรับพื้นชั้นหลังคานั้นมีค่า % ผลต่างเท่ากับ 9.55 % เนื่องจากได้พื้นชั้นหลังคานี้เป็นพื้นต่อเนื่องค่าที่ได้จึงแตกต่างจากการวิเคราะห์เบื้องต้น

โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมพื้นขนาด 12 มม. ของพื้นทางเดียวขนาดพื้นที่ประมาณ 20 ตารางเมตร เท่ากับ 3 % มีค่าใกล้เคียงกับ % ผลต่างเฉลี่ยของพื้นในระบบพื้น – คานของอาคารที่ 1 คือ 1.66 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7 พื้นในระบบพื้นไร้คาน

สำหรับเหล็กเสริมพื้นในระบบพื้นไร้คานประกอบด้วย เหล็กเสริมเส้นตรงซึ่งมีลักษณะเหมือนกับเหล็กเสริมพิเศษในคาน ซึ่งในอาคารที่ 1 ใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 12, 20 และ 25 มม.ดังรูปที่ 3.1.7



รูปที่ 3.1.7 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมพิเศษ

จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 2..4.2 พบว่า

1. เหล็กเสริมพิเศษขนาด 12 ถึง 25 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 9 ถึง 15 %
2. ช่วงที่ให้ค่า % ผลต่างต่ำที่สุดคือช่วง 12 เมตร เนื่องจากระยะที่เผื่อไว้สำหรับการต่อทาบ

จากการพิจารณาตารางที่ 3.1.8 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยไม่รวมเศษของพื้นในระบบพื้นไร้คาน มีค่าเท่ากับ 10.82 % และ % ผลต่างของชั้นที่ 1 มีค่าเท่ากับ 12.37 % แต่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมพิเศษกรณีใช้เหล็ก 12 มม. เท่ากับ 9 % ทั้งนี้ที่ต่างกันเนื่องจาก

1. ในการเสริมเหล็กพื้นชั้นที่ 1 มีการใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 16, 20 และ 25 มม. จึงทำให้ค่า % ผลต่างเฉลี่ยสำหรับพื้นในระบบพื้นไร้คาน มีค่าเพิ่มขึ้น
2. ในพื้นชั้น 1 % ผลต่างของเหล็กเสริมพิเศษขนาด 16 มม. เท่ากับ 11 % แต่ % ผลต่างของพื้นชั้น 1 เท่ากับ 12.37 % เนื่องจากความยาวที่ทำการเสริมในพื้นนั้นต้องมีการต่อทาบเนื่องจากเกินจากความยาวมาตรฐานของเหล็ก

โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมพิเศษขนาด 25 มม. เท่ากับ 15 % จึงส่งผลให้ % ผลต่างเฉลี่ยของพื้นในระบบพื้นไร้คานมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 9 % เป็น 10.82 %

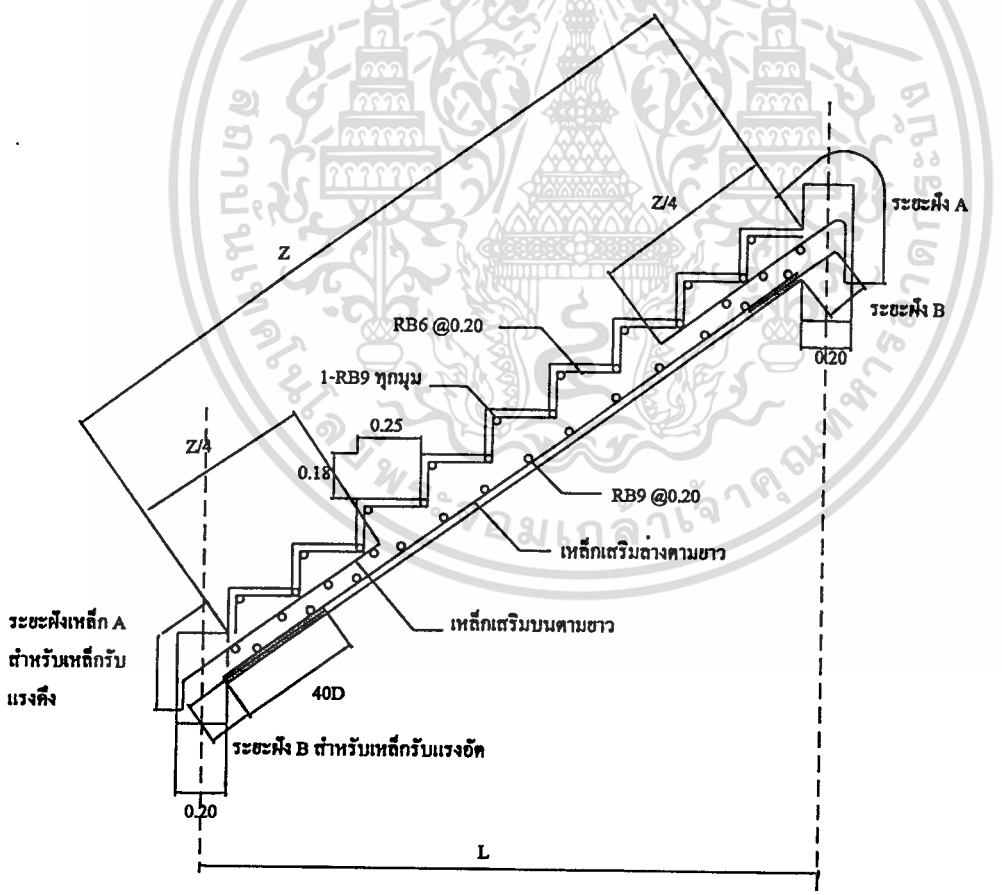
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.8 บันได

สำหรับเหล็กเสริมบันไดในอาคารที่ 1 ประกอบด้วย

1. เหล็กเสริมล่างตามยาวขนาด 9 และ 12 มม.
2. เหล็กเสริมตามขวางขนาด 9 และ 12 มม.
3. เหล็กเสริมรูปขั้นบันไดขนาด 9 มม.

บันไดของอาคารที่ 1 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีขนาดความกว้าง 0.90 และ 1.50 เมตร, ขนาดลูกตั้งและลูกนอน เท่ากับ 0.18 และ 0.25 เมตรตามลำดับ, ความยาวช่วงตามแนวราบเท่ากับ 5.80 เมตร และความสูงของบันไดเท่ากับ 1.25 เมตรดังรูปที่ 3.1.8



รูปที่ 3.1.8 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมบันได

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 2.6 พบว่า

1. เหล็กเสริมล่างตามยาวขนาด 9 และ 12 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง – 7 ถึง – 3 % เมื่อระยะห่างของเหล็กเสริมล่างตามยาวเท่ากับ 0.20 เมตร
2. % ผลต่างของบันไดความกว้าง 0.90, 1.00 และ 1.50 เมตรจะเท่ากันเมื่อความยาวตามแนวราบของบันไดเท่ากัน

จากการพิจารณาตารางที่ 3.1.7 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยของเหล็กเสริมบันไดไม่รวมเศษมีค่าเท่ากับ – 14.56 % และ % ผลต่างของบันไดชั้น 6, 7 และ 8 เท่ากับ – 18.91 % แต่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมบันไดกรณีใช้เหล็กขนาด 12 มม., ความกว้างของบันไดเท่ากับ 1.00 เมตร, ความยาวช่วงตามแนวราบเท่ากับ 2.50 เมตร และระยะห่างของเหล็กเสริมหลักล่างเท่ากับ 0.10 เมตร เท่ากับ – 9 % ทั้งนี้ที่ต่างกันเนื่องจาก

1. ในการเสริมเหล็กบันไดของอาคารที่ 1 นั้นมีขนาดเหล็กเสริมล่างตามยาว, เหล็กเสริมตามขวาง และเหล็กเสริมรูปขั้นบันได ไม่เท่ากัน ซึ่งแตกต่างจากสมมุติฐานในหัวข้อที่ 2.6 ที่ว่ากำหนดให้ขนาดเหล็กเสริมบันไดเท่ากันทุกชนิด
2. ระยะห่างของเหล็กเสริมล่างตามยาวและเหล็กรูปขั้นบันไดมีระยะไม่เท่ากัน
3. ลักษณะของบันไดของอาคารที่ 1 นั้นมีชานพัก ซึ่งแตกต่างจากสมมุติฐานในหัวข้อที่ 2.6 ที่ไม่ได้พิจารณารวมถึงชานพักของบันไดด้วย
4. ระยะฝังของเหล็กเสริมรับแรงดึงและแรงอัดของอาคารที่ 1 ได้กำหนดไว้เท่ากับ 0.50 เมตร ซึ่งสมมุติฐานในหัวข้อที่ 2.6 ได้กำหนดให้ระยะฝังเท่ากับระยะในตารางที่ 2.6.2 ที่มีระยะแปรผันตามขนาดของเหล็ก จะส่งผลให้ปริมาณเหล็กเสริมบันไดแบบระเบียบการดัดเหลกมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณเหล็กเสริมบันไดแบบประมาณการมีค่าเท่าเดิม จึงทำให้ % ผลต่างมีค่าลดลงด้วย

โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมบันไดที่มีความยาวช่วงตามแนวราบ 2.50 เมตร, ขนาดเหล็กเสริมล่างตามยาวเท่ากับ12 มม. และระยะห่างของเหล็กเสริมล่างตามยาวเท่ากับ 0.10 เมตร เท่ากับ – 9 % เมื่อรวมกับ % ผลต่างของระยะฝังของเหล็กเสริมล่างจึงส่งผลให้ค่า % ผลต่างเฉลี่ยของเหล็กเสริมบันไดมีค่าลดลงจาก – 9 % เป็น – 14.56 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปกรณีศึกษาอาคารที่ 1

จากการพิจารณาตารางที่ 3.1.1 พบว่า

1. % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตของอาคารที่ 1 แบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กเท่ากับ – 6.86 % จะเห็นได้ว่าปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตแบบประมาณการนั้นไม่เพียงพอ เนื่องจากการคิดปริมาณแบบระเบียนการดัดเหล็กนั้นเราได้ทำการคำนึงถึงเศษเหล็กที่เกิดจากการตัดด้วย เป็นปริมาณเศษเหล็ก 29,064 กก. เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อปริมาณเหล็กจากวิธีระเบียนการดัดเหล็ก เท่ากับ 11.44 % หรือเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อปริมาณเหล็กจากวิธีระเบียนการดัดเหล็กโดยไม่รวมเศษเหล็ก เท่ากับ 12.93 % จะเห็นได้ว่าปริมาณเศษเหล็กมีมากเกินไป ซึ่งในทางปฏิบัติปริมาณของเศษเหล็กเหล่านี้ขึ้นอยู่กับ ความชำนาญของผู้ประมาณการในการควบคุมและการจัดการการงอและตัดเหล็กหน้างานจริง
2. % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตของอาคารที่ 1 แบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กไม่รวมเศษเหล็กเท่ากับ 5.18 % แสดงว่ากรณีของอาคารที่ 1 ถ้าหากวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตด้วยวิธีประมาณการจะมีปริมาณเศษเหล็กและเศษเสียหายได้ไม่เกิน 5.18 % ของปริมาณเหล็กที่ใช้จริง
3. เหล็กเสริมพิเศษในพื้นในระบบพื้นไร้คานมีปริมาณ 38.70 % ของปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตทั้งหมด และมี % ผลต่างไม่รวมเศษเหล็กเท่ากับ 10.82 % แสดงว่าเราสามารถนำปริมาณเหล็กที่เกินจากระเบียนการดัดเหล็กมาใช้ในโครงสร้างส่วนอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1.1 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมของอาคารที่ 1

องค์อาคาร	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก		(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
			ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	% ต่อน้ำหนักรวม				
ฐานราก	45590	48292	40820	18.16%	7473	-2703	-5.60%	11.69%
ตอม่อ	9045	11546	10073	4.48%	1473	-2501	-21.66%	-10.21%
เสา	39569	50706	42554	18.93%	8152	-11137	-21.96%	-7.01%
เหล็กปลอกเสา	12389	13016	11292	5.02%	1724	-627	-4.82%	9.71%
คาน	11311	12745	10509	4.67%	2236	-1434	-11.25%	7.63%
เหล็กปลอกคาน	1968	1949	1789	0.80%	160	19	0.97%	10.01%
พื้น (พื้น-คาน)	15183	16860	14935	6.64%	1925	-1677	-9.95%	1.66%
พื้น (พื้นไร้คาน)	96404	92607	86993	38.70%	5614	3797	4.10%	10.82%
บันได	4981	6137	5830	2.59%	307	-1156	-18.84%	-14.56%
รวม	236440	253858	224794	100.00%	29064	-17419	-6.86%	5.18%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.1.2 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมฐานรากของอาคารที่ 1

ฐานราก	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
F1	1130	1182	1036	146	-52	-4.43%	9.09%
F2	1328	1475	1215	261	-147	-9.97%	9.35%
F3	2353	2411	2082	328	-57	-2.37%	13.02%
F4	931	1003	844	159	-72	-7.17%	10.28%
F5	1609	1677	1448	229	-68	-4.04%	11.14%
F6	3434	3629	3026	603	-195	-5.38%	13.46%
F7	15840	16057	14150	1907	-217	-1.35%	11.95%
F8	3447	3229	3126	103	219	6.77%	10.29%
F9	11452	13608	10236	3372	-2156	-15.84%	11.88%
F10	4065	4022	3657	364	43	1.07%	11.14%
รวม	45590	48292	40820	7473	-2703	-5.60%	11.69%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.1.3 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมเสาของอาคารที่ 1

ชั้น	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ตอม่อ	9045	11546	10073	1473	-2501	-21.66%	-10.20%
ชั้นที่1	8598	9523	8825	698	-925	-9.72%	-2.58%
ชั้นที่2	5556	7415	6043	1372	-1858	-25.06%	-8.05%
ชั้นที่3	5289	7642	6138	1504	-2353	-30.79%	-13.83%
ชั้นที่4	3960	5438	4325	1113	-1478	-27.17%	-8.43%
ชั้นที่5	3960	5048	4219	829	-1088	-21.55%	-6.13%
ชั้นที่6	4568	5846	4862	984	-1278	-21.86%	-6.05%
ชั้นที่7	4568	5948	4865	1083	-1380	-23.20%	-6.11%
ชั้นที่8	3070	3846	3278	568	-776	-20.19%	-6.35%
รวมเฉพาะเสา	39569	50706	42554	9056	-12861	-25.36%	-7.01%
รวมทั้งหมด	48614	62252	52627	9625	-13637	-21.91%	-7.62%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.1.4 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กปลอกเสาของอาคารที่ 1

ชั้น	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ตอม่อ	1451	1512	1324	188	-61	-4.03%	9.59%
ชั้นที่1	976	1019	892	127	-43	-4.25%	9.42%
ชั้นที่2	1642	1732	1498	234	-90	-5.19%	9.61%
ชั้นที่3	1577	1662	1435	227	-85	-5.14%	9.90%
ชั้นที่4	1885	1992	1724	268	-107	-5.37%	9.34%
ชั้นที่5	1885	1992	1724	268	-107	-5.37%	9.34%
ชั้นที่6	997	1042	900	142	-45	-4.30%	10.78%
ชั้นที่7	997	1042	900	142	-45	-4.30%	10.78%
ชั้นที่8	979	1023	895	128	-44	-4.26%	9.39%
รวม	12389	13016	11292	1724	-627	-4.81%	9.71%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.1.5 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคานโดยไม่รวมเหล็กปลอกของอาคารที่ 1

คาน	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ชั้น1	3483	4747	3405	1342	-1264.90	-26.64%	2.28%
ชั้น2	2313	2394	2089	306	-80.96	-3.38%	10.76%
ชั้น3	2313	2394	2089	306	-80.96	-3.38%	10.76%
ชั้น4	490	482	443	39	7.98	1.66%	10.58%
ชั้น5	490	482	443	39	7.98	1.66%	10.58%
ชั้น6	490	482	443	39	7.98	1.66%	10.58%
ชั้น7	490	482	443	39	7.98	1.66%	10.58%
ชั้น8	490	482	443	39	7.98	1.66%	10.58%
หลังคา	752	800	712	88	-47.44	-5.93%	5.67%
รวม	11311	12745	10509	2236	-1434.34	-11.25%	7.63%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.1.6 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กปลอกคานของอาคารที่ 1

คาน	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ชั้น1	667	664	605	59	3.03	0.46%	10.25%
ชั้น2	342	336	311	25	6.16	1.83%	10.02%
ชั้น3	342	350	311	39	-7.84	-2.24%	10.02%
ชั้น4	90	87	82	5	3.09	3.55%	9.87%
ชั้น5	90	87	82	5	3.09	3.55%	9.87%
ชั้น6	90	87	82	5	3.09	3.55%	9.87%
ชั้น7	90	87	82	5	3.09	3.55%	9.87%
ชั้น8	90	87	82	5	3.09	3.55%	9.87%
หลังคา	167	164	152	12	2.53	1.54%	9.56%
รวม	1968	1949	1789	160	19.33	0.99%	10.02%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.1.7 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพื้นในระบบ พื้น - คาน ของอาคารที่ 1

พื้น-คาน	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ชั้น1	5052	6339	5049	1290	-1286	-20.29%	0.07%
ชั้น2	3330	3460	3259	201	-130	-3.75%	2.19%
ชั้น3	3330	3460	3259	201	-130	-3.75%	2.19%
ชั้น4	435	462	427	35	-27	-5.80%	1.89%
ชั้น5	435	462	427	35	-27	-5.80%	1.89%
ชั้น6	435	462	427	35	-27	-5.80%	1.89%
ชั้น7	865	896	845	51	-31	-3.46%	2.37%
ชั้น8	865	896	845	51	-31	-3.46%	2.37%
หลังคา	436	425	398	27	11	2.59%	9.55%
รวม	15183	16860	14935	1925	-1677	-9.95%	1.66%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.1.8 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพื้นในระบบพื้นไร้คานของอาคารที่ 1

พื้นไร้-คาน	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ชั้น1	52315	49464	46556	2908	2851	5.76%	12.37%
ชั้น2	4648	4603	4258	344	45	0.99%	9.15%
ชั้น3	4648	4603	4258	344	45	0.99%	9.15%
ชั้น4	5536	5405	5087	318	131	2.42%	8.83%
ชั้น5	5536	5405	5087	318	131	2.42%	8.83%
ชั้น6	5536	5405	5087	318	131	2.42%	8.83%
ชั้น7	6035	5998	5564	434	37	0.62%	8.47%
ชั้น8	6035	5998	5564	434	37	0.62%	8.47%
หลังคา	6115	5728	5532	196	387	6.76%	10.54%
รวม	96404	92607	86993	5614	3797	4.10%	10.82%

หมายเหตุ *.% ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.1.9 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมบันไดของอาคารที่ 1

บันได	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ชั้น1	618	836	686	150	-217	-26.02%	-9.86%
ชั้น2	546	688	613	75	-142	-20.67%	-10.96%
ชั้น3	611	694	687	7	-84	-12.05%	-11.11%
ชั้น4	614	759	672	86	-145	-19.06%	-8.69%
ชั้น5	614	800	743	57	-186	-23.25%	-17.37%
ชั้น6	625	747	770	-23	-122	-16.38%	-18.91%
ชั้น7	625	747	770	-23	-122	-16.38%	-18.91%
ชั้น8	625	747	770	-23	-122	-16.38%	-18.91%
หลังคา	104	120	117	2	-15	-12.86%	-11.17%
รวม	4981	6137	5830	308	-1156	-18.84%	-14.56%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

3.2 อาคารที่ 2

เป็นอาคารที่พักอาศัยคอนกรีตเสริมเหล็ก สูง 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 9,960 ตารางเมตร โดยปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตที่วัดได้จากวิธีระเบียนการดัดเหล็กและวิธีประมาณการแสดงไว้ในตารางที่ 3.2.1 ถึง 3.2.8 ซึ่งจะทำการพิจารณาปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตตามชนิดขององค์อาคารดังนี้

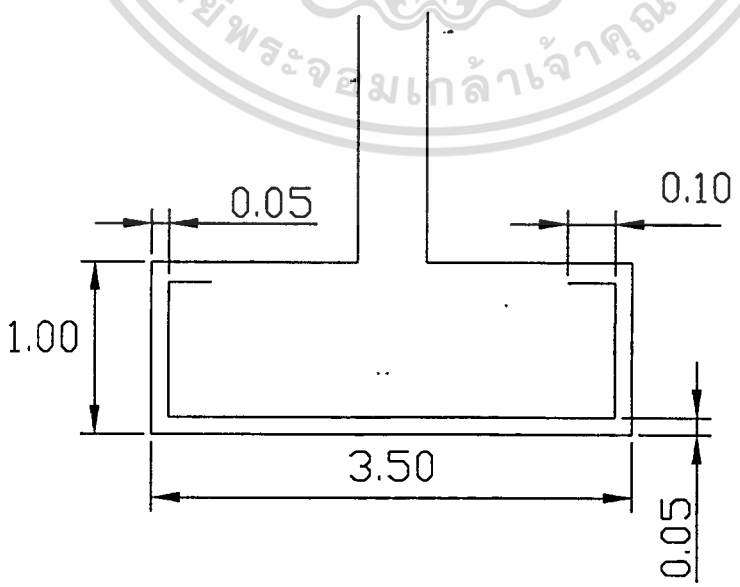
1. ฐานราก
2. ตอม่อ
3. เหล็กปลอกของตอม่อ, เสา และคาน
4. เสา
5. คาน
6. พื้น
7. บันได

3.2.1.ฐานราก

เหล็กเสริมฐานรากของอาคารที่ 2 ประกอบด้วย

1. เหล็กตะกร้อฐานรากเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 20, 25 และ 28 มม.
2. เหล็กรัดรอบฐานรากเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม.

ฐานรากของอาคารที่ 2 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีขนาดตั้งแต่ 0.80 * 0.80 ถึง 4.60 * 3.40 เมตร มีความยาวเฉลี่ยของฐานรากเท่ากับ 3.50 เมตร, ความหนาเฉลี่ยของฐานรากเท่ากับ 1.00 เมตร และความยาวเส้นรอบรูปเฉลี่ย 13.50 เมตรดังแสดงในรูปที่ 3.2.1



รูปที่ 3.2.1 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเฉลี่ยของเหล็กเสริมฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อที่ 2.1 พบว่า

1. เหล็กตะกร้อฐานรากควรจะมี % ผลต่างของปริมาณเหล็กแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กอยู่ในช่วงประมาณ 14 ถึง 17 % ในช่วงความยาวฐานราก 2 ถึง 6 เมตร สำหรับฐานรากหนา 1.00 เมตรและเหล็กข้ออ้อยขนาด 20 มม.
2. เหล็กรัดรอบฐานรากควรจะมี % ผลต่างของปริมาณเหล็กแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กอยู่ในช่วงประมาณ 8 ถึง 10 % ในช่วงความยาวรอบรูปฐานราก 10 ถึง 20 เมตรและเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม.

จากการพิจารณาตารางที่ 3.2.2 พบว่า % ผลต่างไม่รวมเศษของฐานรากมีค่าอยู่ระหว่าง 13 – 16 % แต่ค่า % ผลต่างจากรูปที่ 2.1.5 กรณีที่ฐานรากยาว 3.50 เมตร, หนา 1.00 เมตร และใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 25 มม.จะเท่ากับ 17 % ทั้งนี้ที่แตกต่างกันเนื่องจาก

1. ส่วนปลายของเหล็กเสริมฐานรากเป็นเหล็กตะกร้อในส่วนของการวิเคราะห์กำหนดให้มีความยาวเท่ากับ 0.10 เมตร แต่ในแบบก่อสร้างกำหนดให้มีความยาวเท่ากับ 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก ทำให้ปริมาณเหล็กตะกร้อฐานรากแบบระเบียนการดัดเหล็กมีค่ามากขึ้น ในขณะที่ปริมาณเหล็กตะกร้อฐานรากแบบประมาณการทีค่าเท่าเดิม จึงทำให้ % ผลต่างมีค่าลดลง
2. ใน LF มีการเสริมฐานรากด้วยเหล็กตะแกรงร่วมกับเหล็กตะกร้อในฐานรากด้วยซึ่งค่า % ผลต่างของเหล็กตะแกรงของฐานรากยาว 5.00 เมตร ใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 25 มม. เท่ากับ 4 %
3. ในส่วนของเหล็กรัดรอบฐานรากที่ความยาวรอบรูปเฉลี่ย 13.50 เมตร จะมีค่า % ผลต่างเท่ากับ 10 %

จึงส่งผลให้ค่า % ผลต่างเฉลี่ยของปริมาณเหล็กเสริมฐานรากแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กแบบไม่รวมเศษเหล็กมีค่าลดลงจาก 17.00 % เป็น 14.57 %

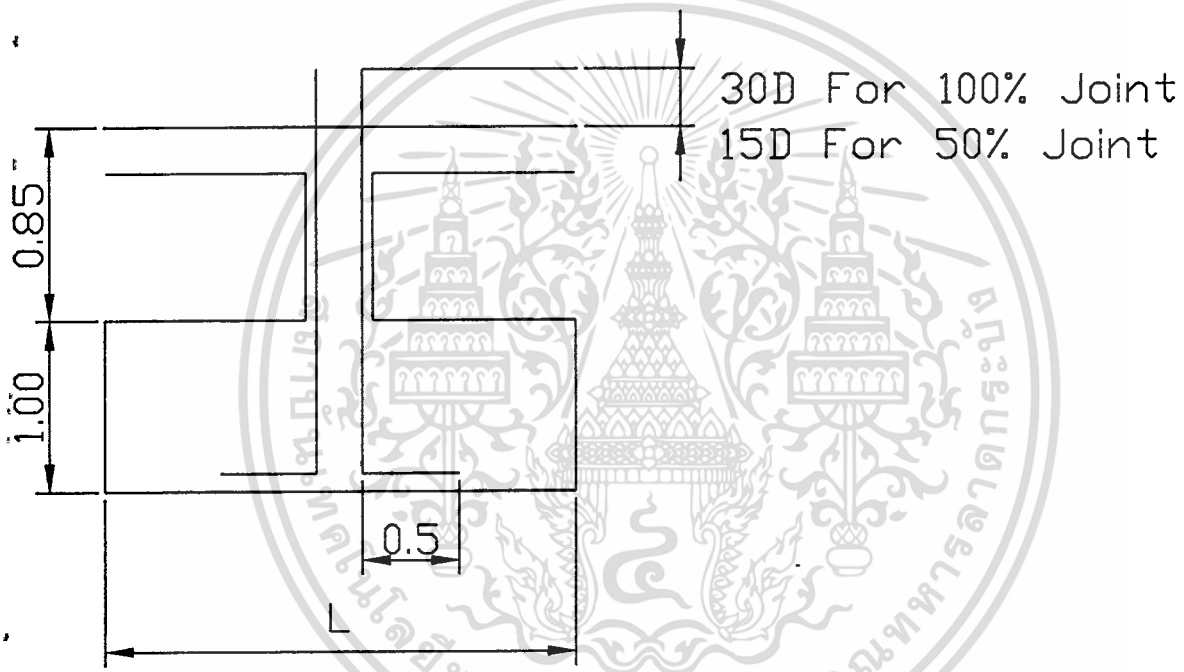
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ตอม่อ

เหล็กเสริมตอม่อของอาคารที่ 2 ประกอบด้วย

1. เหล็กยืนตอม่อเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 25 และ 28 มม.
2. เหล็กปลอกตอม่อเป็นเหล็กกลมขนาด 9 มม.

สำหรับตอม่อของอาคารในกรณีศึกษาที่ 2 มีความสูง 0.85 เมตร, ฐานรากหนาเฉลี่ย 1.00 เมตร, หน้าตัดของตอม่อมีขนาดตั้งแต่ 0.30*0.30 ถึง 0.50*1.00 เมตร และมีขนาดเส้นรอบรูปเฉลี่ย 2.00 เมตรดังแสดงในรูปที่ 3.2.2



รูปที่ 3.2.2 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมตอม่อ

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อที่ 2.2 พบว่า

1. เหล็กยืนตอม่อขนาด 25 และ 28 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง – 20 ถึง - 17 % เมื่อตอม่อมีความสูง 1.0 เมตร, ฐานรากหนา 1.0 เมตร กรณีทำการต่อเหล็กแบบ 50 %
2. เหล็กปลอกขนาด 9 มม.ที่มีเส้นรอบรูปตั้งแต่ 1.00 ถึง 3.00 เมตรมี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 10 ถึง 16 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาตารางที่ 3.2.3 พบว่า % ผลต่างไม่รวมเศษของตอม่อมีค่าเท่ากับ – 11.83 % แต่ค่า % ผลต่างของเหล็กขนาด 25 มม. จากรูปที่ 2.2.4 กรณีที่ตอม่อสูง 1.00 เมตรและ ฐานรากหนา 1.00 เมตร จะเท่ากับ – 18 % ทั้งนี้ที่แตกต่างกันเนื่องจาก

1. ความสูงของตอม่อเท่ากับ 0.80 เมตร ในขณะที่สมมุติฐานให้ตอม่อสูง 1.00 เมตร
2. ในส่วนของเหล็กปลอกตอม่อที่มีความยาวรอบรูปเฉลี่ย 2.00 เมตร จะมีค่า % ผลต่าง เท่ากับ 11 %

โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมตอม่อขนาด 25 มม. ความยาว 1.85 เมตรมีค่า – 18 %จึงส่งผลให้ค่า % ผลต่างเฉลี่ยของปริมาณเหล็กเสริมตอม่อแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กแบบไม่รวมเศษเหล็กมีค่าเพิ่มขึ้นจาก - 18 % เป็น – 11.83 % เนื่องจากค่า % ผลต่างของเหล็กรัดรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 เหล็กปลอกตอม่อ, เสา และคาน

เหล็กปลอกของอาคารที่ 2 ประกอบด้วย

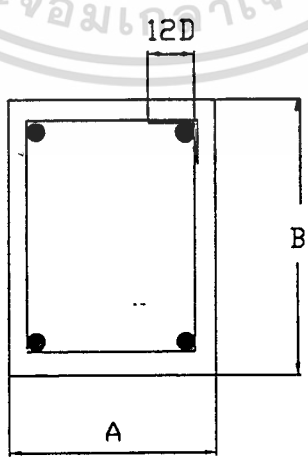
1. เหล็กปลอกตอม่อเป็นเหล็กกลมขนาด 9 มม.
2. เหล็กปลอกเสาเป็นเหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม.
3. เหล็กปลอกคานเป็นเหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม.

สำหรับเหล็กปลอกตอม่อมีขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 0.30*0.30 ถึง 0.50*1.00 เมตร, เหล็กปลอกเสามีขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 0.30*0.30 ถึง 0.50*0.50 เมตร และเหล็กปลอกคานมีขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 0.20*0.30 ถึง 0.25*1.00 เมตร โดยมีการจัดวางเหล็กปลอกตามลักษณะหน้าตัดและจำนวนเหล็กยืน

สำหรับการวิเคราะห์เหล็กปลอกในหัวข้อที่ 2.3.2 พบว่า

1. ปริมาณเหล็กปลอกรูปสี่เหลี่ยมใด ๆ จะมีค่า % ผลต่างอยู่ระหว่าง 8 ถึง 14 % เมื่อใช้เหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม. ที่มีความยาวของเส้นรอบรูปอยู่ระหว่าง 1.00 ถึง 3.00 เมตร

จากการพิจารณาตารางที่ 3.2.4 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยไม่รวมเศษของเหล็กปลอกเสามีค่าเท่ากับ 9.89 % และ % ผลต่างจากรูปที่ 2.3.5 มีค่าอยู่ระหว่าง 8 ถึง 14 % กรณีที่มีความยาวเส้นรอบรูปของคานอยู่ระหว่าง 1.00 ถึง 3.00 เมตร แต่เนื่องจากในการพิจารณาเหล็กปลอกของตอม่อ, เสา และคานนั้นกำหนดให้หน้าตัดของคานเป็นรูปสี่เหลี่ยมใด ๆ และมีการจัดวางเหล็กปลอกตามรูปที่ 3.1.3 เท่านั้น ไม่ได้พิจารณาถึงเหล็กปลอกในกรณีที่มีการจัดวางในลักษณะอื่น ค่า% ผลต่างที่ได้จากการวิเคราะห์จึงไม่ครอบคลุมถึงเหล็กปลอกตอม่อ, เสา และคานของอาคารที่ 2 เหล่านี้ด้วยจึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงปัจจัยของการจัดวางเหล็กปลอกต่อไป



รูปที่ 3.2.3 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กปลอก

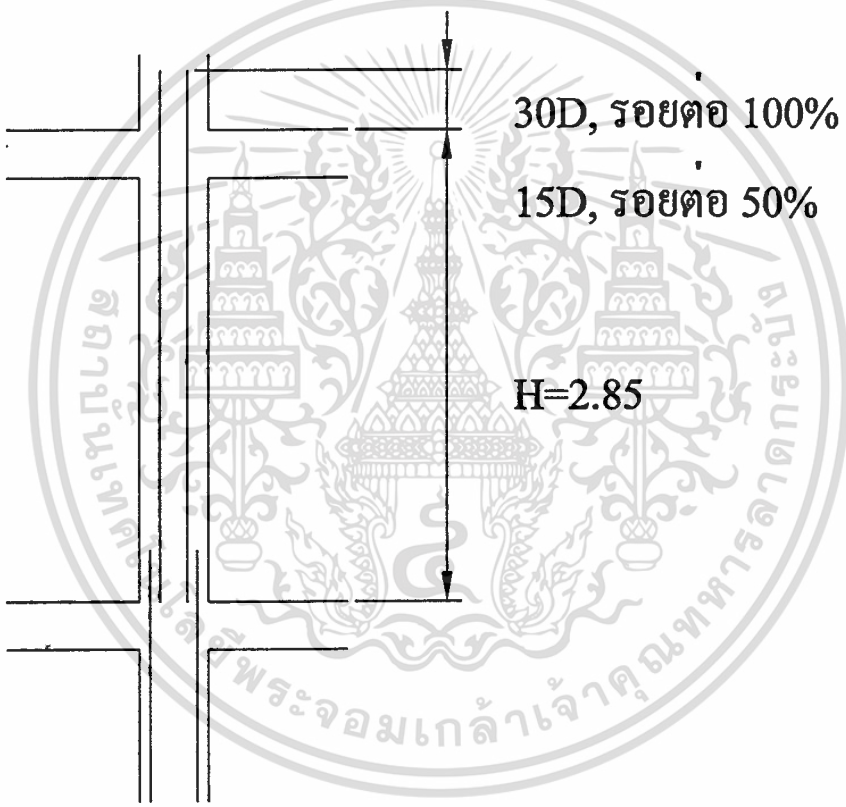
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 เสา

เหล็กเสริมเสาของอาคารที่ 2 ประกอบด้วย

1. เหล็กยืนเสาเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 16, 25 และ 28 มม.
2. เหล็กปลอกเสาเป็นเหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม.

เสาของอาคารที่ 2 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 0.30*0.30 ถึง 0.50*1.00 เมตร, ความยาวเส้นรอบรูปเฉลี่ย 2.00 เมตร และมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 2.85 เมตรดังแสดงในรูปที่ 3.2.4



รูปที่ 3.2.4 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมเสา

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อที่ 2.3 พบว่า

1. เหล็กยืนเสาขนาด 16, 25 และ 28 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 0 ถึง 2 % เมื่อเสามีความสูง 2.80 เมตร กรณีทำการต่อเหล็กแบบ 50 %
2. เหล็กปลอกขนาด 6 และ 9 มม.ที่มีเส้นรอบรูปตั้งแต่ 1.50 ถึง 3.00 เมตร มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 8 ถึง 12.5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาตารางที่ 3.2.3 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยไม่รวมเศษของเสามีค่าเท่ากับ – 5.57 % และ % ผลต่างของเสาชั้นที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 2.43, - 10.52 และ – 9.85 % ตามลำดับ แต่ค่า % ผลต่างจากรูปที่ 2.3.3 กรณีที่เสาใช้เหล็กขนาด 28 มม. และเสามีความสูง 2.80 เมตร จะเท่ากับ - 11 % กรณีที่ทำการต่อเหล็กแบบ 100 % ทั้งนี้ที่แตกต่างกันเนื่องจาก

1. ในส่วนของเหล็กปลอกตอม่อที่มีความยาวรอบรูปเฉลี่ย 2.00 เมตร จะมีค่า % ผลต่างอยู่ระหว่าง 9 ถึง 12 %
2. สำหรับ % ผลต่างของเหล็กเสริมเสาชั้นที่ 1 นั้นมีค่าเท่ากับ 2.43 % เนื่องจากส่วนใหญ่ในชั้นที่ 1 ใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 28 มม. และทำการต่อเหล็กแบบ 50 % เมื่อรวมกับผลเนื่องจากเหล็กปลอกจึงทำให้มีค่า % ผลต่างมีค่าเพิ่มขึ้นจากค่า % ผลต่างจากรูปที่ 2.3.3 ในกรณีของเหล็กข้ออ้อยขนาด 25 มม.ที่ทำการต่อเหล็กแบบ 50 % ซึ่งเท่ากับ 0 %
3. สำหรับ % ผลต่างของเหล็กเสริมเสาชั้นที่ 2 นั้นมีค่าเท่ากับ – 10.52 % นั้นเนื่องจากส่วนใหญ่ในชั้นที่ 2 เป็นการเปลี่ยนขนาดเหล็กยืนจากเหล็กข้ออ้อยขนาด 28 มม. เป็นขนาด 25 มม. จึงต้องทำการต่อเหล็กแบบ 100 % ซึ่ง % ผลต่างจากรูปที่ 2.3.3 ในกรณีของเหล็กข้ออ้อยขนาด 28 มม.ที่ทำการต่อเหล็กแบบ 100 % เท่ากับ – 12 %
4. สำหรับ % ผลต่างของเหล็กเสริมเสาชั้นที่ 3 นั้นมีค่าเท่ากับ – 9.85 % นั้นเนื่องจากส่วนใหญ่ในชั้นที่ 2 เป็นการเปลี่ยนขนาดเหล็กยืนจากเหล็กข้ออ้อยขนาด 28 มม. เป็นขนาด 25 มม. จึงต้องทำการต่อเหล็กแบบ 100 % ซึ่ง % ผลต่างจากรูปที่ 2.3.3 ในกรณีของเหล็กข้ออ้อยขนาด 25 มม.ที่ทำการต่อเหล็กแบบ 100 % เท่ากับ – 10 %

โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมเสาขนาด 25 มม. ความสูง 2.80 เมตร กรณีที่ต่อเหล็กแบบ 100 % มีค่า –9 % จึงส่งผลให้ค่า % ผลต่างเฉลี่ยของปริมาณเหล็กเสริมเสาแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กแบบไม่รวมเศษเหล็กมีค่าเพิ่มขึ้นจาก -9 % เป็น – 5.57 %

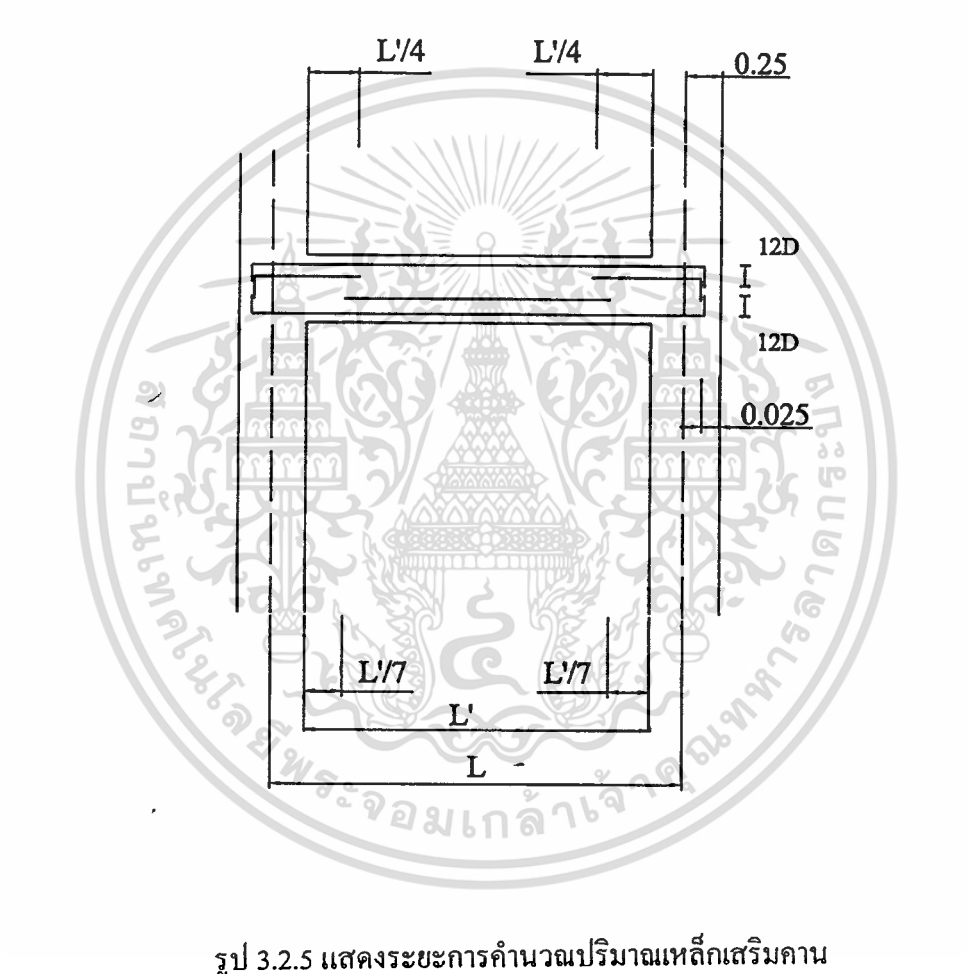
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 คาน

เหล็กเสริมคานของอาคารที่ 2 ประกอบด้วย

1. เหล็กเสริมหลักตามยาวเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12, 16 และ 25 มม.
2. เหล็กปลอกคานเป็นเหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม.

คานของอาคารที่ 2 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 0.20*0.30 ถึง 0.40*1.40 เมตร, ความยาวช่วงตั้งแต่ 1.00 ถึง 6.00 เมตรดังแสดงในรูป 3.2.5



รูป 3.2.5 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมคาน

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อที่ 2.4 พบว่า

1. เหล็กเสริมหลักตามยาวของคานขนาด 12, 16 และ 25 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง - 15 ถึง 5 % เมื่อเป็นคานช่วงเดี่ยว
2. เหล็กปลอกขนาด 6 และ 9 มม. ที่มีเส้นรอบรูปตั้งแต่ 1.00 ถึง 4.00 เมตร มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 7 ถึง 15 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาตารางที่ 3.2.5 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยโดยไม่รวมเหล็กปลอกและไม่รวมเศษเหล็กของคานมีค่าเท่ากับ 4.89 % และ % ผลต่างของคานชั้น 1 มีค่าเท่ากับ 2.16 แต่ค่า % ผลต่างของคานกรณีที่ใช้เหล็กเสริมตามยาวขนาด 20 มม. เมื่อมีความยาวช่วง 5.00 เมตร เท่ากับ 3 % ทั้งนี้ที่ต่างกันเนื่องจาก

1. % ผลต่างของเหล็กปลอกที่มีความยาวรอบรูปเฉลี่ย 2.00 เมตรมีค่าเท่ากับ 9 ถึง 12 %
2. สำหรับ % ผลต่างของเหล็กเสริมคานชั้น 1 นั้นมีค่าเท่ากับ 2.16 % เนื่องจากคานชั้น 1 ส่วนใหญ่ให้เหล็กเสริมหลักขนาด 25 มม. และเป็นคานช่วงเดี่ยว ความยาวช่วงเฉลี่ย 5.00 เมตร จะมี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 2 ถึง 5 % ตามรูปที่ 2.3.12

โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมคานขนาด 25 มม. เป็นคานช่วงเดี่ยวความยาวช่วง 5.00 เมตร เท่ากับ 4 % มีค่าใกล้เคียงกับค่า % ผลต่างเฉลี่ยของคานในอาคารที่ 2 คือ 4.89 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

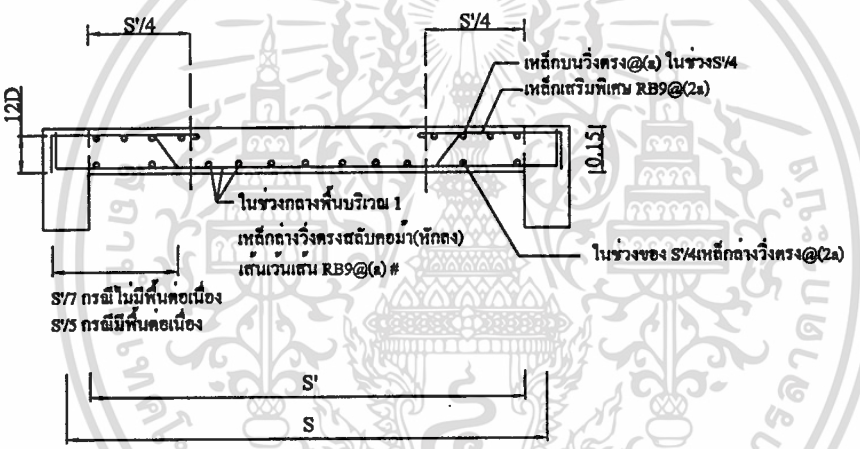
3.2.6 พื้น

พื้นของอาคารที่ 2 มีลักษณะเป็นพื้นทางเดียวประกอบด้วยเหล็กเส้นตรงเป็นเหล็กข้ออ้อย ขนาด 12 มม.ขนาดเดียวและเป็นเหล็กเสริมพื้นเศษในพื้นระบบพื้นไร้คานเป็นส่วนใหญ่ซึ่งประกอบด้วย

1. เหล็กเสริมพิเศษเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 และ 16 มม.
2. เหล็กเสริมเส้นตรงเป็นเหล็กกลมขนาด 9 มม. และเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม.

โดยพื้นในระบบพื้น – คาน ของอาคารที่ 2 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีขนาดตั้งแต่ 1.00*2.50 ถึง 4.50*4.50 เมตร โดยพื้นมีความหนา 0.10 และ 0.15 เมตรดังรูปที่ 3.1.5

ส่วนเหล็กเสริมพิเศษของอาคารที่ 2 เป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม. ความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 เมตร



รูปที่ 3.2.6 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมพื้นในระบบพื้น – คาน

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อที่ 2.5.2 พบว่า

1. เหล็กเสริมพื้นขนาด 9 และ 12 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง – 7 ถึง 5 % เมื่อขนาดพื้นที่พื้นตั้งแต่ 2 ถึง 30 ตารางเมตร
2. สัดส่วนพื้นทางสั้นต่อทางยาว ไม่มีผลต่อ % ผลต่างมากนัก
3. เหล็กเสริมพิเศษขนาด 12 และ 16 มม.มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 9 ถึง 11 %
4. ช่วงที่ให้ค่า % ผลต่างต่ำที่สุดคือช่วง 12 เมตร เนื่องจากระยะที่เผื่อไว้สำหรับการต่อทาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาตารางที่ 3.2.7 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยของพื้นในอาคารที่ 2 มีค่าเท่ากับ 9.16 % และ % ผลต่างของเหล็กเสริมพื้นชั้น 1 และ หลังคามีค่าเท่ากับ – 1.26 และ 4.09 % ตามลำดับ แต่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมพิเศษพื้นกรณีที่ใช้เหล็กเสริมขนาด 12 มม. ความยาว 3.50 เมตรเท่ากับ 9 % ทั้งนี้ที่ต่างกันเนื่องจาก

1. เหล็กเสริมพื้นส่วนใหญ่เป็นเหล็กเสริมพิเศษขนาด 12 และ 16 มม. ซึ่งมี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 9 ถึง 11 %
2. สำหรับพื้นชั้น 1 นั้นมีค่า % ผลต่างเท่ากับ –1.26 % เนื่องจากพื้นชั้น 1 เป็นพื้นสองทางใช้เหล็กขนาด 9 และ 12 มม.ค่า % ผลต่างอยู่ระหว่าง –5 ถึง 2 % สำหรับขนาดพื้นที่ 2 ถึง 20 ตารางเมตร
3. สำหรับพื้นชั้นหลังคานั้นมีค่า % ผลต่างเท่ากับ 4.09 % เนื่องจากพื้นชั้นหลังคานี้เป็นพื้นทางเดียวใช้เหล็กขนาด 9 มม. ค่า % ผลต่างจะอยู่ระหว่าง –7 ถึง 5 % สำหรับขนาดพื้นที่ 2 ถึง 20 ตารางเมตร

โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมพิเศษขนาด 12 มม. เท่ากับ 9 % มีค่าใกล้เคียงกับ % ผลต่างเฉลี่ยของพื้นของอาคารที่ 2 คือ 9.16 %

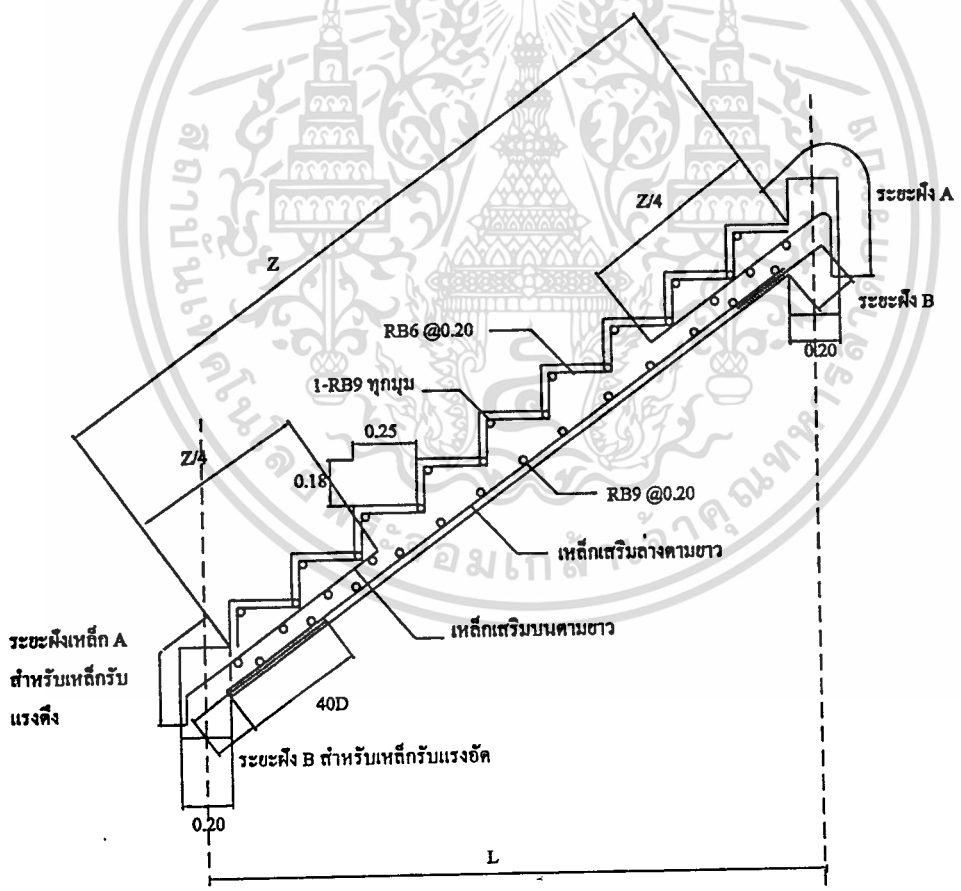
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 บันได

สำหรับเหล็กเสริมบันไดในอาคารที่ 2 ประกอบด้วย

1. เหล็กเสริมล่างตามยาวขนาด 16 และ 25 มม.
2. เหล็กเสริมตามขวางขนาด 9, 12 และ 16 มม.
3. เหล็กเสริมรูปขั้นบันไดขนาด 6 มม.

บันไดของอาคารที่ 2 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีขนาดความกว้าง 1.00 และ 1.10 เมตร, ขนาดลูกตั้งและลูกนอน เท่ากับ 0.18 และ 0.25 เมตรตามลำดับ, ความยาวช่วงตามแนวราบเท่ากับ 4.10 เมตร และความสูงของบันไดเท่ากับ 1.45 เมตรดังรูปที่ 3.2.7



รูปที่ 3.2.7 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมบันได

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 2.6 พบว่า

1. เหล็กเสริมล่างตามยาวขนาด 16 และ 25 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง – 8 ถึง – 4 % เมื่อระยะห่างของเหล็กเสริมล่างตามยาวเท่ากับ 0.20 เมตร
2. % ผลต่างของบันไดความกว้าง 1.00 และ 1.10 เมตรจะเท่ากันเมื่อความยาวตามแนวราบของบันไดเท่ากัน

จากการพิจารณาตารางที่ 3.2.8 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยของเหล็กเสริมบันไดไม่รวมเศษมีค่าเท่ากับ – 9.90 % และ % ผลต่างของบันไดชั้น 1 เท่ากับ – 12.40 % แต่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมบันไดกรณีใช้เหล็กขนาด 16 มม, ความกว้างของบันไดเท่ากับ 1.00 เมตร, ความยาวช่วงตามแนวราบเท่ากับ 4.00 เมตร และระยะห่างของเหล็กเสริมหลักล่างเท่ากับ 0.20 เมตร เท่ากับ – 3 % ทั้งนี้ที่ต่างกันเนื่องจาก

1. ในการเสริมเหล็กบันไดของอาคารที่ 2 นั้นมีขนาดเหล็กเสริมล่างตามยาว, เหล็กเสริมตามขวาง และเหล็กเสริมรูปขั้นบันได ไม่เท่ากัน ซึ่งแตกต่างจากสมมุติฐานในหัวข้อที่ 2.6 ที่ว่ากำหนดให้ขนาดเหล็กเสริมบันไดเท่ากันทุกชนิด
2. ระยะห่างของเหล็กเสริมล่างตามยาวและเหล็กรูปขั้นบันไดมีระยะไม่เท่ากัน
3. ลักษณะของบันไดของอาคารที่ 2 นั้นมีชานพัก ซึ่งแตกต่างจากสมมุติฐานในหัวข้อที่ 2.6 ที่ไม่ได้พิจารณารวมถึงชานพักของบันไดด้วย
4. ระยะฝังของเหล็กเสริมรับแรงดึงและแรงอัดของอาคารที่ 2 ได้กำหนดไว้เท่ากับ 0.50 เมตร ซึ่งสมมุติฐานในหัวข้อที่ 2.6 ได้กำหนดให้ระยะฝังเท่ากับระยะในตารางที่ 2.6.2 ที่มีระยะแปรผันตามขนาดของเหล็ก จะส่งผลให้ปริมาณเหล็กเสริมบันไดแบบระเบียนการดัดเหลกมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณเหล็กเสริมบันไดแบบประมาณการมีค่าเท่าเดิม จึงทำให้ % ผลต่างมีค่าลดลงด้วย

โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมบันไดที่มีความยาวช่วงตามแนวราบ 4.00 เมตร, ขนาดเหล็กเสริมล่างตามยาวเท่ากับ 16 มม. และระยะห่างของเหล็กเสริมล่างตามยาวเท่ากับ 0.20 เมตร เท่ากับ – 3 % เมื่อรวมกับ % ผลต่างของระยะฝังของเหล็กเสริมล่างจึงส่งผลให้ค่า % ผลต่างเฉลี่ยของเหล็กเสริมบันไดมีค่าลดลงจาก – 3 % เป็น – 9.90 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปกรณีศึกษาอาคารที่ 2

จากการพิจารณาตารางที่ 3.2.1 พบว่า

1. % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตของอาคารที่ 2 แบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กเท่ากับ – 6.94 % จะเห็นได้ว่าปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตแบบประมาณการนั้นไม่เพียงพอ เนื่องจากการคิดปริมาณแบบระเบียนการดัดเหล็กนั้นเราได้ทำการคำนึงถึงเศษเหล็กที่เกิดจากการตัดด้วย เป็นปริมาณเศษเหล็ก 43,059 กก. เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อปริมาณเหล็กจากวิธีระเบียนการดัดเหล็ก เท่ากับ 11.40 % หรือเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อปริมาณเหล็กจากวิธีระเบียนการดัดเหล็กโดยไม่รวมเศษเหล็ก เท่ากับ 12.87 % จะเห็นได้ว่าปริมาณเศษเหล็กมีมากเกินไป ซึ่งในทางปฏิบัติปริมาณของเศษเหล็กเหล่านี้ขึ้นอยู่กับ ความชำนาญของผู้ประมาณการในการควบคุมและการจัดการการงอและตัดเหล็กหน้างานจริง
2. % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตของอาคารที่ 2 แบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กไม่รวมเศษเหล็กเท่ากับ 5.04 % แสดงว่ากรณีของอาคารที่ 2 ถ้าหากวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตด้วยวิธีประมาณการจะมีปริมาณเศษเหล็กและเศษเสียหายได้ไม่เกิน 5.04 % ของปริมาณเหล็กที่ใช้จริง
3. เหล็กเสริมพิเศษในพื้นมีปริมาณ 36.55 % ของปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตทั้งหมด และมี % ผลต่างไม่รวมเศษเหล็กเท่ากับ 9.16 % แสดงว่าเราสามารถนำปริมาณเหล็กที่เกินจากระเบียนการดัดเหล็กมาใช้ในโครงสร้างส่วนอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2.1 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมของอาคารที่ 2

องค์อาคาร	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก		(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
			ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	% ต่อน้ำหนักรวม				
ฐานราก	40497	42570	35345	10.57%	7225	-2073	-4.87%	14.58%
ตอม่อ	8771	10986	9948	2.97%	1038	-2215	-20.16%	-11.83%
เสา	53913	66198	57090	17.07%	9108	-12285	-18.56%	-5.56%
เหล็กปลอกเสา	12578	13407	11446	3.42%	1961	-829	-6.18%	9.89%
คาน	78703	82719	75032	22.43%	7687	-4016	-4.85%	4.89%
เหล็กปลอกคาน	13232	12595	12034	3.60%	561	637	5.06%	9.96%
พื้น	133470	137184	122275	36.55%	14909	-3714	-2.71%	9.16%
บันได	10212	11904	11334	3.39%	570	-1692	-14.21%	-9.90%
รวม	351376	377563	334504	100.00%	43059	-26187	-6.94%	5.04%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.2.2 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมฐานรากของอาคารที่ 2

ฐานราก	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
F1	12564	12352	10862	1490	212	1.72%	15.67%
F2	3256	2971	2850	121	285	9.60%	14.26%
F3	9968	10654	8760	1894	-686	-6.44%	13.79%
F4	10686	12564	9418	3146	-1878	-14.95%	13.47%
F5	280	309	238	71	-30	-9.54%	17.61%
LF	3743	3720	3218	502	23	0.61%	16.31%
รวม	40497	42570	35345	7225	-2073	-4.87%	14.57%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลุต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.2.3 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมเสาไม่รวมเหล็กปลอกของอาคารที่ 2

ชั้น	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ตอม่อ	8771	10986	9948	1038	-2215	-20.16%	-11.83%
ชั้นที่1	13505	15034	13184	1850	-1529	-10.17%	2.43%
ชั้นที่2	10867	13956	12145	1811	-3089	-22.13%	-10.52%
ชั้นที่3	9073	11991	10064	1927	-2919	-24.34%	-9.85%
ชั้นที่4	6084	7342	6432	910	-1258	-17.14%	-5.42%
ชั้นที่5	3898	4532	4135	397	-634	-13.98%	-5.72%
ชั้นที่6	3898	4678	4135	543	-780	-16.67%	-5.72%
ชั้นที่7	3898	4863	4135	728	-965	-19.84%	-5.72%
ชั้นที่8	2690	3802	2860	942	-1112	-29.25%	-5.95%
รวมเฉพาะเสา	53913	66198	57090	9108	-12286	-18.56%	-5.57%
รวมทั้งหมด	62683	77184	67038	10146	-14501	-18.79%	-6.50%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.2.4 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กปลอกเสาของอาคารที่ 2

ชั้น	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ตอม่อ	1140	1198	1037	161	-58	-4.84%	9.94%
ชั้นที่1	1561	1635	1415	220	-74	-4.54%	10.30%
ชั้นที่2	1459	1556	1327	229	-97	-6.26%	9.92%
ชั้นที่3	1459	1556	1327	229	-97	-6.26%	9.92%
ชั้นที่4	1459	1556	1327	229	-97	-6.26%	9.92%
ชั้นที่5	1459	1556	1327	229	-97	-6.26%	9.92%
ชั้นที่6	1459	1556	1327	229	-97	-6.26%	9.92%
ชั้นที่7	1459	1556	1327	229	-97	-6.26%	9.92%
ชั้นที่8	1125	1238	1032	206	-113	-9.09%	9.05%
รวม	12578	13407	11446	1961	-829	-6.19%	9.89%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.2.5 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคานไม่รวมเหล็กปลอกของอาคารที่ 2

คาน	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ชั้น1	1355	1460	1326	134	-105	-7.22%	2.16%
ชั้น2	8847	9546	8430	1116	-699	-7.32%	4.95%
ชั้น3	8203	8654	7804	850	-451	-5.22%	5.11%
ชั้น4	8203	8621	7804	817	-418	-4.85%	5.11%
ชั้น5	8203	8621	7804	817	-418	-4.85%	5.11%
ชั้น6	8203	8621	7804	817	-418	-4.85%	5.11%
ชั้น7	8203	8621	7804	817	-418	-4.85%	5.11%
ชั้น8	8203	8537	7804	733	-334	-3.92%	5.11%
หลังคา	19287	20038	18452	1586	-751	-3.75%	4.52%
รวม	78704	82719	75032	7687	-4016	-4.85%	4.89%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.2.6 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กปลอกของคานของอาคารที่ 2

คาน	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ชั้น1	255	253	235	18	2	0.79%	8.51%
ชั้น2	1578	1506	1423	83	72	4.78%	10.89%
ชั้น3	1208	1147	1095	52	61	5.32%	10.32%
ชั้น4	1208	1147	1095	52	61	5.32%	10.32%
ชั้น5	1208	1147	1095	52	61	5.32%	10.32%
ชั้น6	1208	1147	1095	52	61	5.32%	10.32%
ชั้น7	1208	1147	1095	52	61	5.32%	10.32%
ชั้น8	1208	1147	1095	52	61	5.32%	10.32%
หลังคา	4151	3954	3806	148	197	4.98%	9.06%
รวม	13232	12595	12034	561	637	5.06%	9.96%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.2.7 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพื้นของอาคารที่ 2

พื้น	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ชั้น1	776	864	786	78	-88	-10.18%	-1.26%
ชั้น2	27357	28657	24853	3804	-1300	-4.54%	10.07%
ชั้น3	16784	17094	15364	1730	-310	-1.81%	9.24%
ชั้น4	16784	17135	15364	1771	-351	-2.05%	9.24%
ชั้น5	16784	17135	15364	1771	-351	-2.05%	9.24%
ชั้น6	16784	17135	15364	1771	-351	-2.05%	9.24%
ชั้น7	16784	17246	15364	1882	-462	-2.68%	9.24%
ชั้น8	16784	17382	15364	2018	-598	-3.44%	9.24%
หลังคา	4634	4536	4452	84	98	2.16%	4.09%
รวม	133470	137184	122275	14909	-3714	-2.71%	9.16%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.2.8 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมบันไดของอาคารที่ 2

บันได	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ชั้น1	449	536	512	24	-87	-16.32%	-12.40%
ชั้น2	1395	1624	1546	78	-229	-14.11%	-9.78%
ชั้น3	1395	1624	1546	78	-229	-14.11%	-9.78%
ชั้น4	1395	1624	1546	78	-229	-14.11%	-9.78%
ชั้น5	1395	1624	1546	78	-229	-14.11%	-9.78%
ชั้น6	1395	1624	1546	78	-229	-14.11%	-9.78%
ชั้น7	1395	1624	1546	78	-229	-14.11%	-9.78%
ชั้น8	1395	1624	1546	78	-229	-14.11%	-9.78%
รวม	10212	11904	11334	570	-1692	-14.21%	-9.90%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

3.3 อาคารที่ 3

เป็นอาคารสำนักงานคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 7 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 12,570 ตารางเมตร โดยปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตที่วัดได้จากวิธีระเบียนการตัดเหล็กและวิธีประมาณการแสดงไว้ในตารางที่ 3.3.1 ถึง 3.3.8 ซึ่งจะทำการพิจารณาปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตตามชนิดขององค์อาคารดังนี้

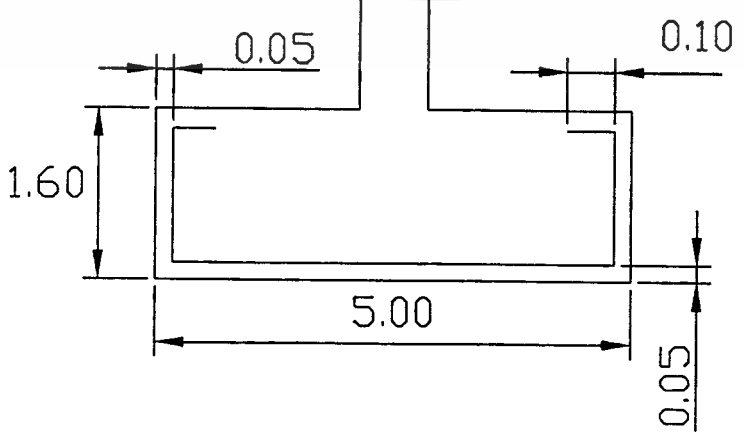
1. ฐานราก
2. ตอม่อ
3. เหล็กปลอกของตอม่อ, เสา และคาน
4. เสา
5. คาน
6. พื้น
7. บันได

3.3.1.ฐานราก

เหล็กเสริมฐานรากของอาคารที่ 3 ประกอบด้วย

1. เหล็กตะกร้อฐานรากเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 25 และ 28 มม.
2. เหล็กรัดรอบฐานรากเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 16 มม.

ฐานรากของอาคารที่ 3 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีขนาดตั้งแต่ 2.40 * 2.40 ถึง 8.40 * 9.60 เมตร มีความยาวเฉลี่ยของฐานรากเท่ากับ 5.00 เมตร, ความหนาเฉลี่ยของฐานรากเท่ากับ 1.60 เมตร และความยาวเส้นรอบรูปเฉลี่ย 20.00 เมตรดังแสดงในรูปที่ 3.3.1



รูปที่ 3.3.1 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเฉลี่ยของเหล็กเสริมฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อที่ 2.1 พบว่า

1. เหล็กตะกร้อฐานรากควรจะมี % ผลต่างของปริมาณเหล็กแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กอยู่ในช่วงประมาณ 16 ถึง 18 % ในช่วงความยาวฐานราก 3 ถึง 6 เมตร สำหรับฐานรากหนา 1.50 เมตรและเหล็กข้ออ้อยขนาด 25และ 28 มม.
2. เหล็กรัดรอบฐานรากควรจะมี % ผลต่างของปริมาณเหล็กแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กอยู่ในช่วงประมาณ 4 ถึง 12 % ในช่วงความยาวรอบรูปฐานราก 10 ถึง 30 เมตรและเหล็กข้ออ้อยขนาด 16 มม.

จากการพิจารณาตารางที่ 3.3.2 พบว่า % ผลต่างไม่รวมเศษของฐานรากมีค่าอยู่ระหว่าง 12.87 ถึง 18.79 % และมีค่า % ผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 18.79 % แต่ค่า % ผลต่างจากรูปที่ 2.1.6 กรณีที่ฐานรากยาว 5.00 เมตร, หนา 1.50 เมตร และใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 28 มม.จะเท่ากับ 17 % ทั้งนี้ที่แตกต่างกันเนื่องจาก

1. ส่วนปลายของเหล็กเสริมฐานรากเป็นเหล็กตะกร้อในส่วนของการวิเคราะห์กำหนดให้มีความยาวเท่ากับ 0.10 เมตร แต่ในแบบก่อสร้างกำหนดให้มีความยาวเท่ากับ 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก ทำให้ปริมาณเหล็กตะกร้อฐานรากแบบระเบียนการดัดเหล็กมีค่ามากขึ้น ในขณะที่ปริมาณเหล็กตะกร้อฐานรากแบบประมาณการทีค่าเท่าเดิม จึงทำให้ % ผลต่างมีค่าลดลง
2. ใน F5 ค่า % ผลต่างของเหล็กตะแกรงของฐานรากยาว 2.50 เมตร ใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 25 มม. เท่ากับ 18 %
3. ในส่วนของเหล็กรัดรอบฐานรากที่ความยาวรอบรูปเฉลี่ย 20.00 เมตร จะมีค่า % ผลต่างเท่ากับ 9 %

จึงส่งผลให้ค่า % ผลต่างเฉลี่ยของปริมาณเหล็กเสริมฐานรากแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กแบบไม่รวมเศษเหล็กมีค่าลดลงจาก 17.00 % เป็น 15.88 %

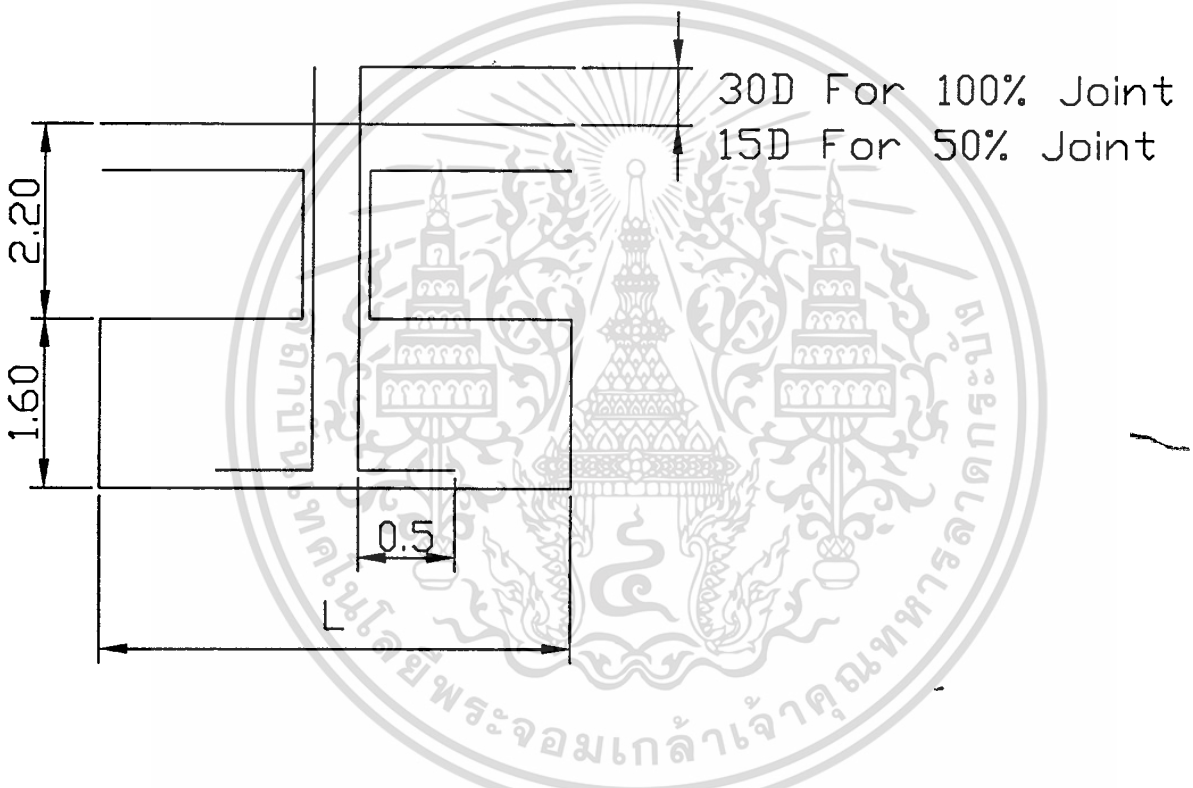
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ตอม่อ

เหล็กเสริมตอม่อของอาคารที่ 3 ประกอบด้วย

1. เหล็กยืนตอม่อเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 25 และ 28 มม.
2. เหล็กปลอกตอม่อเป็นเหล็กกลมขนาด 9 มม.

สำหรับตอม่อของอาคารในกรณีศึกษาที่ 3 มีความสูง 2.20 เมตร, ฐานรากหนาเฉลี่ย 1.60 เมตร, หน้าตัดของตอม่อมีขนาดตั้งแต่ 0.60*0.60 ถึง 0.80*1.50 เมตร และมีขนาดเส้นรอบรูปเฉลี่ย 2.75 เมตรดังแสดงในรูปที่ 3.3.2



รูปที่ 3.3.2 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมตอม่อ

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อที่ 2.2 พบว่า

1. เหล็กยืนตอม่อขนาด 25 และ 28 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง $\pm$ 20 ถึง - 17 % เมื่อตอม่อมีความสูง 1.0 เมตร, ฐานรากหนา 1.0 เมตร กรณีทำการต่อเหล็กแบบ 50 %
2. เหล็กปลอกขนาด 9 มม.ที่มีเส้นรอบรูปตั้งแต่ 2.00 ถึง 4.00 เมตรมี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 10 ถึง 12 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาตารางที่ 3.3.3 พบว่า % ผลต่างไม่รวมเศษของตอม่อมีค่าเท่ากับ – 7.40 % แต่ค่า % ผลต่างของเหล็กขนาด 25 มม. จากรูปที่ 2.2.4 กรณีที่ตอม่อสูง 1.00 เมตรและ ฐานรากหนา 1.00 เมตร จะเท่ากับ – 18 % ทั้งนี้ที่แตกต่างกันเนื่องจาก

1. ความสูงของตอม่อเท่ากับ 2.20 เมตร ในขณะที่สมมุติฐานให้ตอม่อสูง 1.00 เมตร
2. ในส่วนของเหล็กปลอกตอม่อที่มีความยาวรอบรูปเฉลี่ย 2.75 เมตร จะมีค่า % ผลต่าง เท่ากับ 12 %

โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมตอม่อขนาด 25 มม. ความยาว 1.85 เมตรมีค่า – 18 %จึงส่งผลให้ค่า % ผลต่างเฉลี่ยของปริมาณเหล็กเสริมตอม่อแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการคัดเหล็กแบบไม่รวมเศษเหล็กมีค่าเพิ่มขึ้นจาก - 18 % เป็น – 7.40 % เนื่องจากค่า % ผลต่างของเหล็กรัดรอบ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 เหล็กปลอกตอม่อ, เสา และคาน

เหล็กปลอกของอาคารที่ 3 ประกอบด้วย

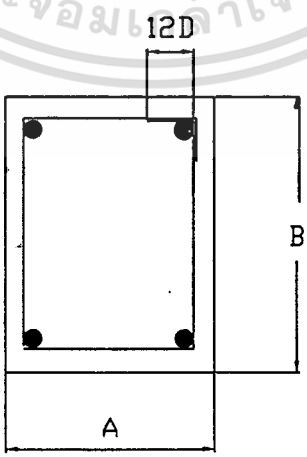
1. เหล็กปลอกตอม่อเป็นเหล็กกลมขนาด 9 มม.
2. เหล็กปลอกเสาเป็นเหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม.
3. เหล็กปลอกคานเป็นเหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม. และเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม.

สำหรับเหล็กปลอกตอม่อมีขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 0.60*0.60 ถึง 0.80*1.50 เมตร, เหล็กปลอกเสามีขนาดหน้าตัด 0.60*0.60 เมตร และเหล็กปลอกคานมีขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 0.20*0.50 ถึง 0.80*2.00 เมตร โดยมีการจัดวางเหล็กปลอกตามลักษณะหน้าตัดและจำนวนเหล็กยืน

สำหรับการวิเคราะห์เหล็กปลอกในหัวข้อที่ 2.3.2 พบว่า

1. ปริมาณเหล็กปลอกรูปสี่เหลี่ยมใด ๆ จะมีค่า % ผลต่างอยู่ระหว่าง 7 ถึง 12 % เมื่อใช้เหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม. และเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม. ที่มีความยาวของเส้นรอบรูปอยู่ระหว่าง 2.00 ถึง 6.00 เมตร

จากการพิจารณาตารางที่ 3.3.4 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยไม่รวมเศษของเหล็กปลอกเสามีค่าเท่ากับ 9.83 % และ % ผลต่างจากรูปที่ 2.3.5 มีค่าอยู่ระหว่าง 7 ถึง 12 % กรณีที่มีความยาวเส้นรอบรูปของคานอยู่ระหว่าง 2.00 ถึง 6.00 เมตร แต่เนื่องจากในการพิจารณาเหล็กปลอกของตอม่อ, เสา และคานนั้นกำหนดให้หน้าตัดของคานเป็นรูปสี่เหลี่ยมใด ๆ และมีการจัดวางเหล็กปลอกตามรูปที่ 3.3.3 เท่านั้น ไม่ได้พิจารณาถึงเหล็กปลอกในกรณีที่มีการจัดวางในลักษณะอื่น ค่า% ผลต่างที่ได้จากการวิเคราะห์จึงไม่ครอบคลุมถึงเหล็กปลอกตอม่อ, เสา และคานของอาคารที่ 3 เหล่านี้ด้วยจึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงปัจจัยของการจัดวางเหล็กปลอกต่อไป



รูปที่ 3.3.3 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กปลอก

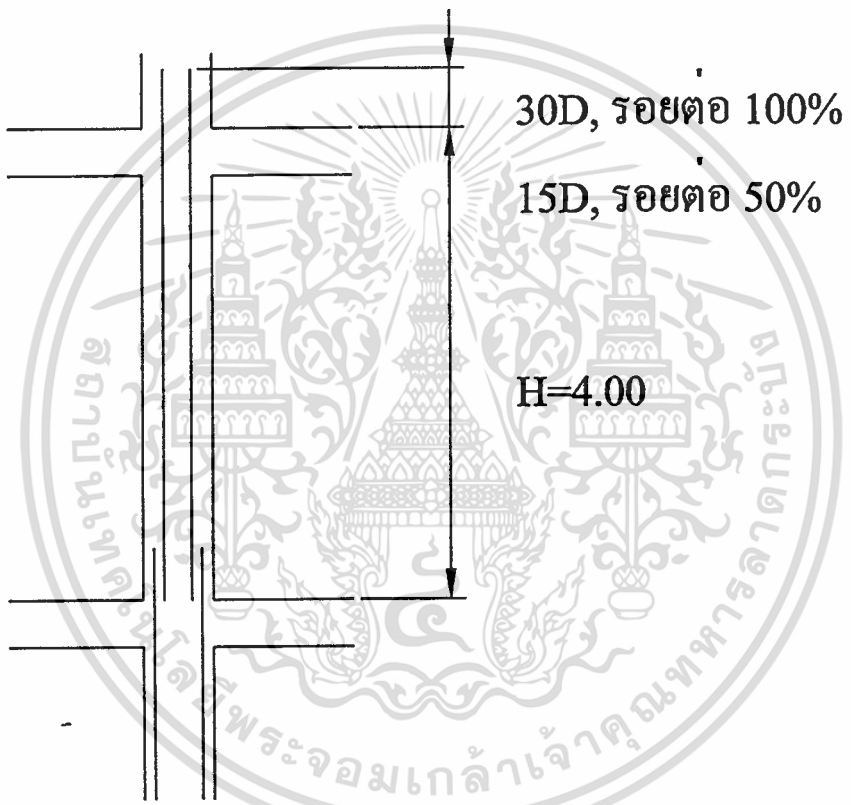
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 เสา

เหล็กเสริมเสาของอาคารที่ 3 ประกอบด้วย

1. เหล็กยืนเสาเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 16, 20, 25 และ 28 มม.
2. เหล็กปลอกเสาเป็นเหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม.

เสาของอาคารที่ 3 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีขนาดหน้าตัด 0.60*0.60 เมตร, ความยาวเส้นรอบรูปเฉลี่ย 2.40 เมตร และมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 เมตรดังแสดงในรูปที่ 3.3.4



รูปที่ 3.3.4 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมเสา

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อที่ 2.3 พบว่า

1. เหล็กยืนเสาขนาด 16, 20, 25 และ 28 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 0 ถึง 2 % เมื่อเสามีความสูง 2.80 เมตร กรณีทำการต่อเหล็กแบบ 50 %
2. เหล็กปลอกขนาด 6 และ 9 มม.ที่มีเส้นรอบรูปตั้งแต่ 1.50 ถึง 3.00 เมตร มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 8 ถึง 12.5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาตารางที่ 3.3.3 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยไม่รวมเศษของเสามีค่าเท่ากับ – 5.79 % และ % ผลต่างของเสาชั้นที่ 1, 2, 4 และ 6 มีค่าเท่ากับ 1.93, - 10.77, - 10.42 และ – 9.68 % ตามลำดับ แต่ค่า % ผลต่างจากรูปที่ 2.3.3 กรณีที่เสาใช้เหล็กขนาด 28 มม. และเสามีความสูง 2.80 เมตร จะเท่ากับ - 11 % กรณีที่ทำการต่อเหล็กแบบ 100 % ทั้งนี้ที่แตกต่างกันเนื่องจาก

1. ในส่วนของเหล็กปลอกตอม่อที่มีความยาวรอบรูป 2.75 เมตร จะมีค่า % ผลต่างอยู่ระหว่าง 8 ถึง 12.5 %
2. สำหรับ % ผลต่างของเหล็กเสริมเสาชั้นที่ 1 นั้นมีค่าเท่ากับ 1.93 % เนื่องจากส่วนใหญ่ในชั้นที่ 1 ใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 28 มม. และทำการต่อเหล็กแบบ 50 % เมื่อรวมกับผลเนื่องจากเหล็กปลอกจึงทำให้มีค่า % ผลต่างมีค่าเพิ่มขึ้นจากค่า % ผลต่างจากรูปที่ 2.3.3 ในกรณีของเหล็กข้ออ้อยขนาด 28 มม.ที่ทำการต่อเหล็กแบบ 50 % ซึ่งเท่ากับ 0 %
3. สำหรับ % ผลต่างของเหล็กเสริมเสาชั้นที่ 2 นั้นมีค่าเท่ากับ – 10.77 % นั้นเนื่องจากส่วนใหญ่ในชั้นที่ 2 เป็นการเปลี่ยนขนาดเหล็กยืนจากเหล็กข้ออ้อยขนาด 28 มม. เป็นขนาด 25 มม. จึงต้องทำการต่อเหล็กแบบ 100 % ซึ่ง % ผลต่างจากรูปที่ 2.3.3 ในกรณีของเหล็กข้ออ้อยขนาด 28 มม.ที่ทำการต่อเหล็กแบบ 100 % เท่ากับ – 12 %
4. สำหรับ % ผลต่างของเหล็กเสริมเสาชั้นที่ 4 นั้นมีค่าเท่ากับ – 10.42 % นั้นเนื่องจากส่วนใหญ่ในชั้นที่ 4 เป็นการเปลี่ยนขนาดเหล็กยืนจากเหล็กข้ออ้อยขนาด 25 มม. เป็นขนาด 20 มม. จึงต้องทำการต่อเหล็กแบบ 100 % ซึ่ง % ผลต่างจากรูปที่ 2.3.3 ในกรณีของเหล็กข้ออ้อยขนาด 25 มม.ที่ทำการต่อเหล็กแบบ 100 % เท่ากับ – 11 %
5. สำหรับ % ผลต่างของเหล็กเสริมเสาชั้นที่ 6 นั้นมีค่าเท่ากับ – 9.68 % นั้นเนื่องจากส่วนใหญ่ในชั้นที่ 6 เป็นการเปลี่ยนขนาดเหล็กยืนจากเหล็กข้ออ้อยขนาด 20 มม. เป็นขนาด 16 มม. จึงต้องทำการต่อเหล็กแบบ 100 % ซึ่ง % ผลต่างจากรูปที่ 2.3.3 ในกรณีของเหล็กข้ออ้อยขนจด 16 มม.ที่ทำการต่อเหล็กแบบ 100 % เท่ากับ – 10 %
6. ความสูงของเสาในอาคารที่ 3 เท่ากับ 4.00 เมตร ในขณะที่สมมุติฐานความสูงของเสาในหัวข้อ 2.3 เท่ากับ 2.80 เมตร

โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมเสาขนาด 25 มม. ความสูง 2.80 เมตร กรณีที่ต่อเหล็กแบบ 100 % มีค่า –9 % จึงส่งผลให้ค่า % ผลต่างเฉลี่ยของปริมาณเหล็กเสริมเสาแบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กแบบไม่รวมเศษเหล็กมีค่าเพิ่มขึ้นจาก -9 % เป็น – 5.79 %

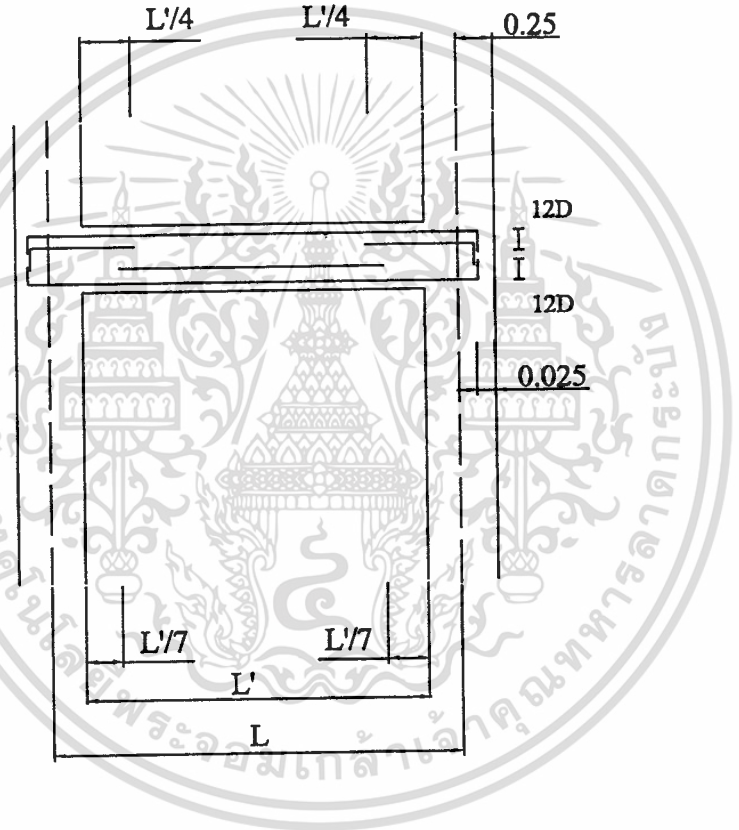
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 คาน

เหล็กเสริมคานของอาคารที่ 3 ประกอบด้วย

1. เหล็กเสริมหลักตามยาวเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 20, 25 และ 28 มม.
2. เหล็กปลอกคานเป็นเหล็กกลมขนาด 6 และ 9 มม. และเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม.

คานของอาคารที่ 3 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 0.20*0.50 ถึง 0.80*2.00 เมตร, ความยาวช่วงตั้งแต่ 5.00 ถึง 8.00 เมตรดังแสดงในรูป 3.3.5



รูป 3.3.5 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมคาน

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อที่ 2.4 พบว่า

1. เหล็กเสริมหลักตามยาวของคานขนาด 20, 25 และ 28 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 3 ถึง 7 % เมื่อเป็นคานช่วงเดี่ยว
2. เหล็กปลอกขนาด 6 และ 9 มม. และเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม. ที่มีเส้นรอบรูปตั้งแต่ 2.00 ถึง 6.00 เมตร มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 7 ถึง 12 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาตารางที่ 3.3.5 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยโดยไม่รวมเหล็กปลอกและไม่รวมเศษเหล็กของคานมีค่าเท่ากับ 4.20 % แต่ค่า % ผลต่างของคานกรณีที่ใช้เหล็กเสริมตามยาวขนาด 20 มม. เมื่อมีความยาวช่วง 6.00 เมตร เท่ากับ 5 % ทั้งนี้ที่ต่างกันเนื่องจาก

1. % ผลต่างของเหล็กปลอกที่มีความยาวรอบรูปเฉลี่ย 3.50 เมตรมีค่าเท่ากับ 7 ถึง 11 %
2. สำหรับ % ผลต่างของเหล็กเสริมคานชั้น 1และ 2 นั้นมีค่าเท่ากับ 2.16 % เนื่องจากคานชั้น 1 และ 2 ส่วนใหญ่ให้เหล็กเสริมหลักขนาด 25 มม. และเป็นคานช่วงเดี่ยว ความยาวช่วงเฉลี่ย 6.00 เมตร จะมี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 2 ถึง 5 % ตามรูปที่ 2.4.12

โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมคานขนาด 25 มม. เป็นคานช่วงเดี่ยวความยาวช่วง 6.00 เมตร เท่ากับ 4 % มีค่าใกล้เคียงกับค่า % ผลต่างเฉลี่ยของคานในอาคารที่ 2 คือ 4.20 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

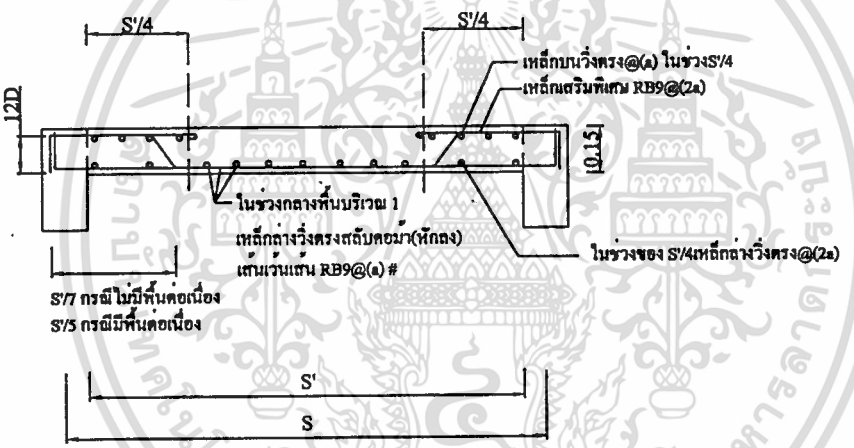
3.3.6 พื้น

พื้นของอาคารที่ 3 มีลักษณะเป็นพื้นทางเดียวประกอบด้วยเหล็กเส้นตรงเป็นเหล็กข้ออ้อย ขนาด 12 มม.ขนาดเดียวและเป็นเหล็กเสริมพื้นเศษในพื้นระบบพื้นไร้คานเป็นส่วนใหญ่ซึ่งประกอบด้วย

1. เหล็กเสริมพิเศษเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 16 และ 20 มม.
2. เหล็กเสริมเส้นตรงเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม.

โดยพื้นในระบบพื้น – คาน ของอาคารที่ 3 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีขนาดตั้งแต่ 2.50*4.50 ถึง 4.50*6.50 เมตร โดยพื้นมีความหนา 0.15 เมตรดังรูปที่ 3.3.6

ส่วนเหล็กเสริมพิเศษของอาคารที่ 3 เป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 16 และ 20 มม.



รูปที่ 3.3.6 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมพื้นในระบบพื้น – คาน

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อที่ 2.5.2 พบว่า

1. เหล็กเสริมพื้นขนาด 12 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง – 4 ถึง 3 % เมื่อขนาดพื้นที่พื้นตั้งแต่ 10 ถึง 30 ตารางเมตร
2. สัดส่วนพื้นทางสั้นต่อทางยาว ไม่มีผลต่อ % ผลต่างมากนัก
3. เหล็กเสริมพิเศษขนาด 16 และ 20 มม.มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 11 ถึง 13 %
4. ช่วงที่ให้ค่า % ผลต่างต่ำที่สุดคือช่วง 12 เมตร เนื่องจากระยะที่เผื่อไว้สำหรับการต่อทาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาตารางที่ 3.3.7 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยของพื้นในอาคารที่ 3 มีค่าเท่ากับ 11.04 % แต่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมพิเศษพื้นกรณีที่ใช้เหล็กเสริมขนาด 16 มม. เท่ากับ 11 % ทั้งนี้ที่ต่างกันเนื่องจาก

1. เหล็กเสริมพื้นส่วนใหญ่เป็นเหล็กเสริมพิเศษขนาด 16 และ 20 มม. ซึ่งมี % ผลต่างอยู่ระหว่าง 11 ถึง 13 %
2. สำหรับพื้นชั้นหลังคานั้นมีค่า % ผลต่างเท่ากับ 9.52 % เนื่องจากพื้นชั้นหลังคาเป็นพื้นสองทางใช้เหล็กขนาด 12 มม.ค่า % ผลต่างอยู่ระหว่าง –4 ถึง 3 % สำหรับขนาดพื้นที่ 10 ถึง 30 ตารางเมตร

โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมพิเศษขนาด 16 มม. เท่ากับ 11 % มีค่าใกล้เคียงกับ % ผลต่างเฉลี่ยของพื้นของอาคารที่ 3 คือ 11.04 %

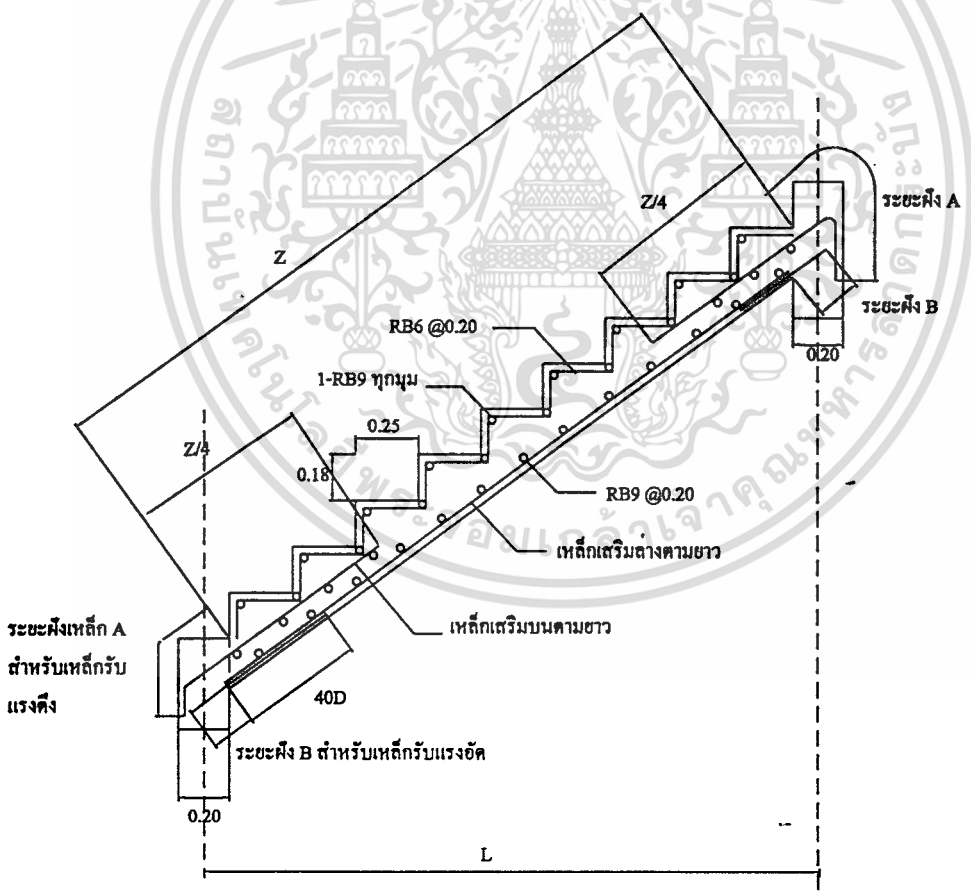
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 บันได

สำหรับเหล็กเสริมบันไดในอาคารที่ 3 ประกอบด้วย

1. เหล็กเสริมล่างตามยาวขนาด 16, 20 และ 25 มม.
2. เหล็กเสริมตามขวางขนาด 9, 12 และ 16 มม.
3. เหล็กเสริมรูปขั้นบันไดขนาด 6 มม.

บันไดของอาคารที่ 3 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีขนาดความกว้าง 0.90 และ 1.50 เมตร, ขนาดลูกตั้งและลูกนอน เท่ากับ 0.18 และ 0.25 เมตรตามลำดับ, ระยะห่างของเหล็กเสริมล่างตามขวางเท่ากับ 0.20 เมตร, ความยาวช่วงตามแนวราบเท่ากับ 5.80 เมตร และความสูงของบันไดเท่ากับ 1.60 เมตรดังรูปที่ 3.3.7



รูปที่ 3.3.7 แสดงระยะการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมบันได

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 2.6 พบว่า

1. เหล็กเสริมล่างตามยาวขนาด 16, 20 และ 25 มม. มี % ผลต่างอยู่ระหว่าง – 5 ถึง – 1 % เมื่อระยะห่างของเหล็กเสริมล่างตามยาวเท่ากับ 0.20 เมตร
2. % ผลต่างของบันไดความกว้าง 0.90 และ 1.50 เมตรจะเท่ากันเมื่อความยาวตามแนวราบของบันไดเท่ากัน

จากการพิจารณาตารางที่ 3.3.8 พบว่า % ผลต่างเฉลี่ยของเหล็กเสริมบันไดไม่รวมเศษมีค่าเท่ากับ – 10.68 % แต่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมบันไดกรณีใช้เหล็กขนาด 16 มม, ความกว้างของบันไดเท่ากับ 1.00 เมตร, ความยาวช่วงตามแนวราบเท่ากับ 5.00 เมตร และระยะห่างของเหล็กเสริมหลักล่างเท่ากับ 0.20 เมตร เท่ากับ – 3 % ทั้งนี้ที่ต่างกันเนื่องจาก

1. ในการเสริมเหล็กบันไดของอาคารที่ 3 นั้นมีขนาดเหล็กเสริมล่างตามยาว, เหล็กเสริมตามขวาง และเหล็กเสริมรูปขั้นบันได ไม่เท่ากัน ซึ่งแตกต่างจากสมมุติฐานในหัวข้อที่ 2.6 ที่ว่ากำหนดให้ขนาดเหล็กเสริมบันไดเท่ากันทุกชนิด
2. ระยะห่างของเหล็กเสริมล่างตามยาวและเหล็กรูปขั้นบันไดมีระยะไม่เท่ากัน
3. ลักษณะของบันไดของอาคารที่ 3 นั้นมีชานพัก ซึ่งแตกต่างจากสมมุติฐานในหัวข้อที่ 2.6 ที่ไม่ได้พิจารณารวมถึงชานพักของบันไดด้วย
4. ระยะฝังของเหล็กเสริมรับแรงดึงและแรงอัดของอาคารที่ 3 ได้กำหนดไว้เท่ากับ 0.50 เมตร ซึ่งสมมุติฐานในหัวข้อที่ 2.6 ได้กำหนดให้ระยะฝังเท่ากับระยะในตารางที่ 2.6.2 ที่มีระยะแปรผันตามขนาดของเหล็ก จะส่งผลให้ปริมาณเหล็กเสริมบันไดแบบระเบียนการดัดเหลกมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณเหล็กเสริมบันไดแบบประมาณการมีค่าเท่าเดิม จึงทำให้ % ผลต่างมีค่าลดลงด้วย

โดยที่ค่า % ผลต่างของเหล็กเสริมบันไดที่มีความยาวช่วงตามแนวราบ 5.00 เมตร, ขนาดเหล็กเสริมล่างตามยาวเท่ากับ 16 มม. และระยะห่างของเหล็กเสริมล่างตามยาวเท่ากับ 0.20 เมตร เท่ากับ – 3 % เมื่อรวมกับ % ผลต่างของระยะฝังของเหล็กเสริมล่างจึงส่งผลให้ค่า % ผลต่างเฉลี่ยของเหล็กเสริมบันไดมีค่าลดลงจาก – 3 % เป็น – 10.68 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปกรณีศึกษาอาคารที่ 3

จากการพิจารณาตารางที่ 3.3.1 พบว่า

1. % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตของอาคารที่ 3 แบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กเท่ากับ – 7.54 % จะเห็นได้ว่าปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตแบบประมาณการนั้นไม่เพียงพอ เนื่องจากการคิดปริมาณแบบระเบียนการดัดเหล็กนั้นเราได้ทำการคำนึงถึงเศษเหล็กที่เกิดจากการตัดด้วย เป็นปริมาณเศษเหล็ก 66,998 กก. เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อปริมาณเหล็กจากวิธีระเบียนการดัดเหล็ก เท่ากับ 11.21 % หรือเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อปริมาณเหล็กจากวิธีระเบียนการดัดเหล็กโดยไม่รวมเศษเหล็ก เท่ากับ 12.63 % จะเห็นได้ว่าปริมาณเศษเหล็กมีมากเกินไป ซึ่งในทางปฏิบัติปริมาณของเศษเหล็กเหล่านี้ขึ้นอยู่กับ ความชำนาญของผู้ประมาณการในการควบคุมและการจัดการการงอและตัดเหล็กหน้างานจริง
2. % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตของอาคารที่ 3 แบบประมาณการเทียบกับแบบระเบียนการดัดเหล็กไม่รวมเศษเหล็กเท่ากับ 4.15 % แสดงว่ากรณีของอาคารที่ 3 ถ้าหากวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตด้วยวิธีประมาณการจะมีปริมาณเศษเหล็กและเศษเสียหายได้ไม่เกิน 4.15 % ของปริมาณเหล็กที่ใช้จริง
3. เหล็กเสริมพิเศษในพื้นมีปริมาณ 32.14 % ของปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตทั้งหมด และมี % ผลต่างไม่รวมเศษเหล็กเท่ากับ 11.04 % แสดงว่าเราสามารถนำปริมาณเหล็กที่เกินจากระเบียนการดัดเหล็กมาใช้ในโครงสร้างส่วนอื่นได้
4. เหล็กเสริมเสามีปริมาณ 25.90 % ของปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตทั้งหมด และมี % ผลต่างไม่รวมเศษเหล็กเท่ากับ – 5.25 % แสดงว่าจะต้องนำปริมาณเหล็กที่เกินจากระเบียนการดัดเหล็กในโครงสร้างส่วนอื่นมาใช้กับเหล็กเสริมเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3.1 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมของอาคารที่ 3

องค์อาคาร	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก		(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
			ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	% ต่อน้ำหนักรวม				
ฐานราก	110909	106699	95713	18.05%	10986	4210	3.95%	15.88%
ตอม่อ	42654	49673	46063	8.69%	3610	-7019	-14.13%	-7.40%
เสา	130149	153850	137365	25.90%	16485	-23701	-15.41%	-5.25%
เหล็กปลอกเสา	15552	15977	14160	2.67%	1817	-425	-2.66%	9.83%
คาน	26884	28928	25801	4.87%	3127	-2044	-7.07%	4.20%
เหล็กปลอกคาน	2541	2632	2312	0.44%	320	-91	-3.48%	9.88%
พื้น	189278	196954	170467	32.14%	26487	-7676	-3.90%	11.04%
บันได	34328	42598	38432	7.25%	4166	-8270	-19.41%	-10.68%
รวม	552295	597311	530313	100%	66998	-45016	-7.54%	4.15%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.3.2 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมฐานรากของอาคารที่ 3

ฐานราก	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
F1	23634	23546	20215	3331	88	0.38%	16.92%
F3	11937	11654	10235	1419	283	2.43%	16.63%
F4	23322	21356	19957	1399	1966	9.21%	16.86%
F5	1776	1648	1495	153	128	7.76%	18.79%
F6	15431	14568	13312	1256	863	5.92%	15.92%
F7	19043	18624	16539	2085	419	2.25%	15.14%
LF1	6020	5846	5326	520	174	2.98%	13.03%
LF2	9745	9457	8634	823	288	3.05%	12.87%
รวม	110909	106699	95713	10986	4210	3.95%	15.88%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.3.3 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมเสาไม่รวมเหล็กปลอกของอาคารที่ 3

ชั้น	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่างรวมเศษ*	% ผลต่างไม่รวมเศษ**
ตอม่อ	42654	49673	46063	3610	-7019	-14.13%	-7.40%
ชั้นที่1	39799	44381	39045	5336	-4582	-10.32%	1.93%
ชั้นที่2	21879	26457	24519	1938	-4578	-17.30%	-10.77%
ชั้นที่3	21879	25943	23165	2778	-4064	-15.67%	-5.55%
ชั้นที่4	14125	17543	15768	1775	-3418	-19.48%	-10.42%
ชั้นที่5	14125	16843	14968	1875	-2718	-16.14%	-5.63%
ชั้นที่6	9171	11648	10154	1494	-2477	-21.27%	-9.68%
ชั้นที่7	9171	11035	9746	1289	-1864	-16.89%	-5.90%
รวมเฉพาะเสา	130149	153850	137365	16485	-23701	-15.41%	-5.25%
รวมทั้งหมด	172803	203523	183428	20095	-30720	-15.09%	-5.79%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.3.4 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กปลอกเสาของอาคารที่ 3

ชั้น	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่างรวมเศษ*	% ผลต่างไม่รวมเศษ**
ตอม่อ	3839	3926	3485	441	-87	-2.22%	10.15%
ชั้นที่1	3582	3746	3285	461	-164	-4.38%	9.04%
ชั้นที่2	1969	2034	1795	239	-65	-3.19%	9.70%
ชั้นที่3	1969	1982	1795	187	-13	-0.65%	9.70%
ชั้นที่4	1271	1345	1150	195	-74	-5.48%	10.54%
ชั้นที่5	1271	1294	1150	144	-23	-1.76%	10.54%
ชั้นที่6	825	816	750	66	9	1.15%	10.05%
ชั้นที่7	825	834	750	84	-9	-1.03%	10.05%
รวม	15552	15977	14160	1817	-425	-2.66%	9.83%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.3.5 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคานไม่รวมเหล็กปลอกของอาคารที่ 3

คาน	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ชั้น1	2645	2846	2564	282	-201	-7.06%	3.16%
ชั้น2	2645	2904	2564	340	-259	-8.92%	3.16%
ชั้น3	1054	1123	1005	118	-69	-6.14%	4.88%
ชั้น4	1054	1105	1005	100	-51	-4.62%	4.88%
ชั้น5	1054	1105	1005	100	-51	-4.62%	4.88%
ชั้น6	1054	1105	1005	100	-51	-4.62%	4.88%
ชั้น7	1054	1195	1005	190	-141	-11.80%	4.88%
หลังคา	16324	17545	15648	1897	-1221	-6.96%	4.32%
รวม	26884	28928	25801	3127	-2044	-7.07%	4.20%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.3.6 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กปลอกของคานของอาคารที่ 3

คาน	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ชั้น1	250	265	228	37	-15	-5.68%	9.63%
ชั้น2	250	260	228	32	-10	-3.86%	9.63%
ชั้น3	100	105	90	15	-5	-5.14%	10.67%
ชั้น4	100	104	90	14	-4	-4.23%	10.67%
ชั้น5	100	104	90	14	-4	-4.23%	10.67%
ชั้น6	100	104	90	14	-4	-4.23%	10.67%
ชั้น7	100	110	90	20	-10	-9.45%	10.67%
หลังคา	1543	1580	1406	174	-37	-2.37%	9.72%
รวม	2541	2632	2312	320	-91	-3.48%	9.88%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.3.7 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมพื้นของอาคารที่ 3

พื้น	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ชั้นใต้ดิน	25135	26543	22548	3995	-1408	-5.30%	11.47%
ชั้น1	22156	23106	20038	3068	-950	-4.11%	10.57%
ชั้น2	20541	21943	18500	3443	-1402	-6.39%	11.03%
ชั้น3	20541	20945	18500	2445	-404	-1.93%	11.03%
ชั้น4	20541	20945	18500	2445	-404	-1.93%	11.03%
ชั้น5	20541	20945	18500	2445	-404	-1.93%	11.03%
ชั้น6	20541	21658	18500	3158	-1117	-5.16%	11.03%
ชั้น7	18743	19923	16628	3295	-1180	-5.92%	12.72%
หลังคา	20539	20946	18753	2193	-407	-1.94%	9.52%
รวม	189278	196954	170467	26487	-7676	-3.90%	11.04%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

ตารางที่ 3.3.8 แสดงปริมาณและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมบันไดของอาคารที่ 3

บันได	(1) แบบประมาณ (กก.)	(2) แบบระเบียนดัดเหล็ก รวมเศษเหล็ก (กก.)	(3) แบบระเบียนดัดเหล็ก ไม่รวมเศษเหล็ก(กก.)	(4) เศษเหล็ก (กก.)	(5) ผลต่าง (1) - (2)	% ผลต่าง รวมเศษ*	% ผลต่าง ไม่รวมเศษ**
ชั้น1	5318	6531	5876	655	-1213	-18.57%	-9.50%
ชั้น2	4835	6048	5426	622	-1213	-20.06%	-10.89%
ชั้น3	4835	5946	5426	520	-1111	-18.68%	-10.89%
ชั้น4	4835	5946	5426	520	-1111	-18.68%	-10.89%
ชั้น5	4835	5946	5426	520	-1111	-18.68%	-10.89%
ชั้น6	4835	5946	5426	520	-1111	-18.68%	-10.89%
ชั้น7	4835	6235	5426	809	-1400	-22.45%	-10.89%
รวม	34328	42598	38432	4166	-8270	-19.41%	-10.68%

หมายเหตุ * % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กรวมเศษ

** % ผลต่างรวมเศษเป็นผลต่างของแบบประมาณเมื่อเทียบกับแบบระเบียนดัดเหล็กไม่รวมเศษ

บทที่ 4
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตด้วยวิธีประมาณการของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2540 นั้นเมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบกับการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตโดยการทำระเบียนการดัดเหล็กพบว่า

1. ปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตโดยรวมของอาคารที่วัดโดยวิธีประมาณการมีค่ามากกว่าปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตที่วัดโดยวิธีระเบียนการดัดเหล็กในกรณีที่ไม่รวมถึงเศษเหล็กที่เกิดจากการตัด
2. ปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตที่วัดโดยวิธีประมาณการขององค์อาคารต่อไปนี้มีค่ามากกว่าปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตที่วัดโดยวิธีระเบียนการดัดเหล็กในกรณีที่ไม่รวมถึงเศษเหล็กที่เกิดจากการตัด ทุกช่วงของความยาวขององค์อาคารได้แก่ เหล็กเสริมฐานรากที่เป็นเหล็กตะกร้อ, เหล็กรัดรอบฐานราก และเหล็กปลอก
3. ปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตที่วัดโดยวิธีประมาณการขององค์อาคารต่อไปนี้มีค่าน้อยกว่าปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตที่วัดโดยวิธีระเบียนการดัดเหล็กในกรณีที่ไม่รวมถึงเศษเหล็กที่เกิดจากการตัด ทุกช่วงของความยาวขององค์อาคารได้แก่ เหล็กตะแกรงฐานราก, เหล็กยืนตอม่อ และ เหล็กยืนเสาในกรณีทำการต่อทาบเหล็กแบบ 100 %
4. ปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตที่วัดโดยวิธีประมาณการขององค์อาคารต่อไปนี้มีค่ามากกว่าปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตที่วัดโดยวิธีระเบียนการดัดเหล็กในกรณีที่ไม่รวมถึงเศษเหล็กที่เกิดจากการตัด เมื่อช่วงของความยาวขององค์อาคารมีค่ามากขึ้นได้แก่ เหล็กเสริมคาน, เหล็กเสริมพื้นทางเดียว, เหล็กเสริมพื้นสองทาง และ เหล็กเสริมบันได
5. กรณีที่ปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตโดยรวมของอาคารที่วัดโดยวิธีประมาณการมีค่าน้อยกว่าปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตที่วัดโดยวิธีระเบียนการดัดเหล็กในกรณีที่รวมถึงเศษเหล็กที่เกิดจากการตัดนั้น ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับความชำนาญในการทำระเบียนการดัดเหล็กของผู้ประมาณการด้วย เนื่องจากปริมาณเศษเหล็กที่เหลือจากการตัดนั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับขนดของอาคาร และลักษณะของขนาดเหล็กเสริมคอนกรีตที่ใช้ในองค์อาคารต่าง ๆ แล้วยังขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ประมาณการอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ปริมาณ % ผลต่างของปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตแบบประมาณการเทียบกับปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตแบบระเบียนการดัดเหล็กโดยไม่รวมถึงเศษเหล็กที่เกิดจากการตัดนั้น จะเป็นปริมาณเศษเหล็กของเหล็กเสริมคอนกรีตในอาคารนั้น ๆ ที่จะให้ผู้จัดการโครงการบริหารการใช้เหล็กเสริมคอนกรีตในการก่อสร้างอาคาร ในกรณีที่ทำการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตแบบประมาณการในการประมาณราคา
7. เพื่อความประหยัดในการก่อสร้าง ในการออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กควรออกแบบให้มีขนาดขององค์อาคารมีขนาดใกล้เคียงกันและใช้เหล็กเสริมคอนกรีตขนาดเดียวกัน เพื่อที่จะสามารถนำเศษเหล็กที่เกิดจากการตัดในระเบียนการดัดเหล็กและแบบหล่อคอนกรีตมาใช้ในองค์อาคารอื่น ๆ ต่อไป

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

ในการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตระหว่างวิธีระเบียนการดัดเหล็กกับวิธีประมาณการของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยนั้นมีข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยต่อไปดังนี้

1. การวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตโดยการทำระเบียนการดัดเหล็กนั้น ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตมากที่สุดคือ ความชำนาญของผู้ประมาณการในวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตและการจัดทำระเบียนการดัดเหล็ก ดังนั้นผู้ทำการวิจัยควรจะมีความชำนาญในการทำระเบียนการดัดเหล็กเพื่อลดปริมาณเศษเหล็กที่จะเกิดขึ้นจากการตัดเหล็กตามระเบียนการดัดเหล็ก
2. อาคารที่ใช้เป็นกรณีศึกษาควรจะมีความหลากหลายทั้งทางด้านขนาดพื้นที่, ประเภทของอาคาร และลักษณะขององค์อาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย : แนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคารในส่วนของงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม พ.ศ.2540

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย : มาตรฐานการเขียนแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก พิมพ์ครั้งที่ 2 พ.ศ.2536

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย : มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน พิมพ์ครั้งที่ 4 พ.ศ.2538

สนั่น เจริญเผ่า : แบบรายละเอียดวิศวกรรมโครงสร้าง พิมพ์ครั้งที่ 3 พ.ศ.2534

สนั่น เจริญเผ่า และ วินิต ช่อวิเชียร : คอนกรีตเสริมเหล็ก พิมพ์ครั้งที่ 8 พ.ศ.2537

พิภพ สุนทรสมัย : คอนกรีตคอนสตรัคชั่นและเขียนแบบอาคารสูง พิมพ์ครั้งที่ 5 พ.ศ.2535

พิภพ สุนทรสมัย : การประมาณราคาก่อสร้าง พิมพ์ครั้งที่ 15 พ.ศ.2537

อุทัย อนันต์ : ประมาณราคางานก่อสร้าง พ.ศ.2540

THE ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS AND THE BUILDING EMPLOYERS CONFEDERATION, STANDARD METHOD OF MEASUREMENT OF BUILDING WORKS, SEVENTH EDITION, EYRE & SPOTTISWOODE, MARGATE, KENT, 1988

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

Appendix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางการวัด
ปริมาณงานก่อสร้าง

ในส่วนของงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

พ.ศ. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

03 0300 เหล็กเสริมคอนกรีต (REINFORCEMENT)

1. ข้อกำหนดทั่วไป

งานเหล็กเสริมจะจัดอยู่ในหมวดหมู่ตามลำดับเหมือนกับงานคอนกรีต

การวัดมี 2 แบบคือ

1.1 การวัดปริมาณโดยการทำระเบียนการดัดเหล็ก (Bar Bending Schedule)

1.2 การวัดปริมาณโดยวิธีประมาณการ

2. ราคาต่อหน่วย

ในการประมาณราคางานเหล็กเสริมคอนกรีต จะต้องรวมถึงรายการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ

2.1 วัสดุที่ใช้ การขนส่ง การขนถ่ายและการติดตั้งเหล็กเสริมในตำแหน่งที่ต้องการ

2.2 การจัดทำระเบียนการดัดเหล็ก หากใช้การวัดปริมาณโดยการทำระเบียนการดัดเหล็ก การทำความสะอาด การตัด การดัด และการผูกเหล็กตะแกรง

2.3 ขารับ (Chairs) เหล็กจัดระยะ (Spacers) Hangers ฯลฯ และการใช้ลวดผูกเหล็กหรืออื่น ๆ (ในกรณีที่จำเป็น) เพื่อยึดเหล็กให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ

2.4 การต่อทาบของการก่อสร้าง (Construction Lap) ของเหล็กเสริม และเศษที่เหลือจากการตัด

3. การวัดวิธี

3.1 การวัดปริมาณโดยการทำระเบียนการดัดเหล็ก

การคำนวณน้ำหนักของเหล็กเสริม จะต้องวัดจากความยาวสุทธิที่ปรากฏในแบบรูปโดยคำนวณน้ำหนักจากน้ำหนักระบุต่อหน่วย (Nominal unit mass) ของแต่ละหน้าตัดของเหล็กเส้นและยอมให้คำนึงถึงส่วนของเหล็กเส้นที่ทาบต่อกันและส่วนที่ดัดหรืองอขอ แต่ไม่อนุญาตให้คำนึงถึงเศษของการตัดหรือน้ำหนักในส่วนของขารับเหล็กจัดระยะ hanger ตัวยึดลวดผูกเหล็กหรืออื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อยึดเหล็กเสริมให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ

3.2*.การวัดปริมาณโดยวิธีประมาณการ

การวัดเนื้องานให้คิดตามแบบที่แสดงไว้ โดยวัดปริมาณเป็นน้ำหนัก (ระยะงอ ระยะขอ ระยะทาบ การเผื่อเศษเสียหายให้เป็นเปอร์เซ็นต์ตามขนาดเหล็กตามตารางอัตราเปอร์เซ็นต์ปริมาณเหล็กเพิ่ม) โดยแยกรายระเอียดตามประเภทของโครงสร้างดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ความยาวเหล็กปลอกหรือเหล็กรัดรอบที่คล้ายเหล็กปลอก ให้คิดตามรูปตัดที่แสดงในแบบ โดยวัดระยะจากผิวคอนกรีตถึงผิวคอนกรีต

3.2.2 จำนวนเหล็กปลอกให้หาเฉลี่ยจากระยะที่แสดงในแบบ หรือตลอดความยาวเหล็กเสริมหลัก (Main) (ถ้าแบบไม่ได้ชี้เฉพาะ)

3.2.3 ความยาวและเหล็กเสริมพิเศษ ให้คิดตามที่แสดงในแบบ

3.2.4 ความยาวและเหล็กเสริมหลัก ให้คิดจำนวนตามแบบ ส่วนความยาวให้คิดตามแต่ละชนิดของโครงสร้าง ดังนี้

3.2.4.1 ฐานราก

- เหล็กเสริมหลักตามยาว คิดเท่ากับความยาวฐานราก (ผิวคอนกรีต-ผิวคอนกรีต)
- เหล็กเสริมหลักตามขวาง คิดเท่ากับความกว้างของฐานราก (ผิวคอนกรีต-ผิวคอนกรีต)
- เหล็กเสริมหลักที่ต้องงอขึ้นหลังฐานราก (มากกว่าระยะงอปกติ) ให้คิดเท่ากับความยาวเหล็กเสริมหลัก บวกกับ 2 เท่า ของความหนาฐานราก ในกรณีที่เหล็กงอขึ้นถึงหลังฐานราก หรือ 2 เท่า ของระยะความสูงที่งอขึ้นซึ่งชี้ชัดอยู่ในแบบ
- เหล็กปลอกรัดรอบฐานราก ให้คิดเท่ากับเส้นวัดรอบของฐานราก (ตามผิวคอนกรีต)

3.2.4.2 ตอม่อ

- คิดความยาวจากท้องฐานรากถึงระดับหลังพื้นชั้นแรกตามระดับในแบบกำหนด

3.2.4.3 เสาชั้นใด ๆ

- คิดความยาวจากระดับหลังพื้นชั้นนั้น ๆ ถึงระดับหลังพื้นชั้นถัดไป (หรือสูงสุดของอาคารในกรณีเป็นเสาชั้นสุดท้าย)

3.2.4.4 คาน

- คิดความยาวจากศูนย์กลางที่รองรับถึงศูนย์กลางที่รองรับ หรือริมสุดคาน (กรณีเป็นคานช่วงสุดท้าย)

3.2.4.5 พื้น (ในระบบพื้น-คาน)

- คิดความยาวจากศูนย์กลางที่รองรับถึงศูนย์กลางที่รองรับ หรือริมสุดของแผ่นพื้น (กรณีเป็นพื้นช่วงสุดท้าย)

3.2.4.6 พื้น (ในระบบพื้นไร้คาน หรือ ระบบคอนกรีตอัดแรงที่หลัง)

- ให้คิดความยาวตามที่แสดงไว้ในแบบ

3.2.4.7 เหล็กเสริมในคอนกรีตทับหน้า หรือพื้นสำเร็จ

- คิดความยาวเหมือนพื้น (ในระบบ พื้น-คาน)

3.2.4.8 กำแพงคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เหล็กนอนทั้งด้านนอกและด้านใน คิดความยาวตามเส้นรอบรูป (ภายนอก) ของกำแพง
- เหล็กตั้งทั้งด้านนอกและด้านใน คิดเหมือนเหล็กเสริมหลักของเสา

3.2.4.9 พื้นถัง หรือฝาถัง และถนนคอนกรีต

- คิดตามความยาวและความกว้างจากผิวคอนกรีตถึงผิวคอนกรีต

3.2.4.10 บันไดคอนกรีต

- เหล็กเสริมหลักตามขวางคิดเท่ากับความกว้างบันได
- เหล็กเสริมหลักตามยาวคิดยาวเท่ากับความกว้างบันไดจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางที่รองรับ
- เหล็กดัดตามรูปขั้นบันได ให้วัดความยาวตามผิวลูกขั้นบันได

3.2.4.11 เหล็กเสริมรอบ Sleeve และช่องเปิด

- ให้ถือว่าคิดเผื่อไว้แล้วตามเปอร์เซ็นต์ของเหล็ก

ตารางแสดงอัตราเปอร์เซ็นต์ปริมาณเหล็กเพิ่ม*

เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	6 มม.	5	เปอร์เซ็นต์
เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	9 มม., 10 มม.	7	เปอร์เซ็นต์
เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	12 มม.	9	เปอร์เซ็นต์
เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	15 มม., 16 มม.	11	เปอร์เซ็นต์
เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	19 มม., 20 มม.	13	เปอร์เซ็นต์
เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	25 มม., ขึ้นไป	15	เปอร์เซ็นต์

2.3 เหล็กตะแกรง (Fabric Reinforcement) จะต้องวัดปริมาณในหน่วยของพื้นที่เป็นตารางเมตร โดยไม่อนุญาตให้คำนึงถึงส่วนของการก่อสร้างที่ทายต่อกันและส่วนของเศษที่เหลือจากการตัด

3.1 จะไม่มีการหักพื้นที่ปริมาณงานของงานเหล็กตะแกรงสำหรับช่องเปิดที่มีพื้นที่ไม่เกิน 1 ตารางเมตร บนเหล็กตะแกรง

4. หน่วยของการวัด

4.1 เหล็กเส้น	กิโลกรัม
42 เหล็กตะแกรง	ตารางเมตร
4.3 รอยต่อพิเศษ เช่น การเชื่อม หรืออุปกรณ์ต่อเหล็ก ในกรณีที่ระบุให้ใช้	หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางการวัดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตแบบประมาณการ

No.	ขนาดเหล็ก	ความยาว	เผื่อ%	จำนวนชุด	RB6 (kg)	RB9 (kg)	DB12 (kg)	DB16 (kg)	DB20 (kg)	DB25 (kg)	DB28 (kg)	DB32 (kg)	หมายเหตุ
		SUM (kg)											

สำนักวิทยบริการฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ	เลขที่	จำนวนเส้น		ความยาว	ขนาด	ความยาวเหล็กที่เลือกใช้			นำเศษมาจาก		นำเศษไปใช้		รวมเศษเหล็กที่เหลือใช้		แสดงการหักงอ		รูปแสดง
โครงสร้าง		ต่อชุด	รวมทั้งชุด	ต่อเส้น	เหล็กเสริม	10 เมตร	12 เมตร	เศษเหล็ก	ชนิดโครงสร้าง	จำนวน	ชนิดโครงสร้าง	จำนวน	ความยาว	จำนวน			
	1																
	2																
	3																
	4																
	5																
	6																
	7																
	8																
	9																
	10																
	11																
	12																
	13																
	14																
	15																
	16																