



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถาบันพัฒนศาสตร์มหาบัณฑิต (นวัตกรรมการ)
ปริญญา

..... นวัตกรรมการ
สาขา ภาควิชา

เรื่อง ระบบช่วยตัดสินใจเพื่อลดเศษเหล็กเส้นเสริมกำลังจากโครงการก่อสร้างโดยการหาค่าที่เหมาะสมแบบเชิงเส้นร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

Decision Support System to Reduce Reinforce Steel Bar Waste from Construction
Project Using Linear Optimization with Building Information Modeling

نامผู้วิจัย นายพลศิวัช ศรีบ้านโนน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(..... อาจารย์ศิริเดช สุริต, วศ.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(..... อาจารย์ปารเมศ กำแพงฤทธิ์รงค์, วศ.ด.)

หัวหน้าภาควิชา

(..... รองศาสตราจารย์พาลีณี สุนากร, M.Arch.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(..... รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มตาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ระบบช่วยตัดสินใจเพื่อลดเศษเหล็กเส้นเสริมกำลังจากโครงการก่อสร้างโดยการหาค่าที่เหมาะสม
แบบเชิงเส้นร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

Decision Support System to Reduce Reinforce Steel Bar Waste from Construction Project Using
Linear Optimization with Building Information Modeling

โดย

นายพลศิวัช ศรีบ้านโพน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (นวัตกรรมการอาคาร)

พ.ศ. 2558

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พลศิวัช ศรีบ้านโพธิ์ 2558: ระบบช่วยตัดสินใจเพื่อลดเศษเหล็กเส้นเสริมกำลังจากโครงการก่อสร้าง โดยการหาค่าที่เหมาะสมแบบเชิงเส้นร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร
ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (นวัตกรรมการอาคาร) สาขา นวัตกรรมการอาคาร
ภาควิชา นวัตกรรมการอาคาร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ศิริเดช สุรจิต,
วศ.ด. 182 หน้า

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการการจัดเรียงสับเปลี่ยนกรณีและอัลกอริทึม
จัดแผนการตัดเหล็กเสริมกำลังเชิงเส้นในโครงการก่อสร้างร่วมกับการใช้ข้อมูลจากแบบจำลอง
สารสนเทศอาคาร เพื่อให้เกิดการใช้เหล็กเสริมอย่างเหมาะสมที่สุดและเกิดเศษเหล็กที่เหลือจาก
การตัดน้อยที่สุด โดยการพัฒนาระบบช่วยตัดสินใจจากการนำข้อมูลสารสนเทศอาคารมาเพิ่ม
ทางเลือกการใช้เหล็กเสริมกำลัง มาทำการจัดเรียงสับเปลี่ยนกรณีโดยการประยุกต์ใช้อัลกอริทึม
การจัดเรียงสับเปลี่ยนแบบผลคูณคาร์ทีเซียน และนำข้อมูลที่เกิดขึ้นมาทำการจัดแผนการตัดเหล็ก
ที่เหมาะสมโดยการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมจัดแผนการตัดเหล็กเชิงเส้นเพื่อนำข้อมูลปริมาณเหล็กที่
ใช้และเศษเหล็กที่เกิดจากแผนการตัดมาทำการเปรียบเทียบหากรณีที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้โปรแกรม
ไมโครซอฟท์เอ็กเซลทำงานร่วมกับวิซวลเบสิก และในงานวิจัยนี้เลือกใช้ข้อมูลทางเลือกจาก
แบบจำลองสารสนเทศอาคาร จากข้อมูลโครงการก่อสร้างบ้านจัดสรรแห่งหนึ่งมาทำการเพิ่ม
ทางเลือกเหล็กคานคอนกรีต 10 รูปแบบ สำหรับคาน 10 ตำแหน่ง ซึ่งทำให้เกิดกรณีการจัดเรียง
สับเปลี่ยนได้ 1024 กรณี

ผลการทดลองพบว่าทางเลือกใช้ทางเลือกการใช้เหล็กเสริมกำลังในกรณีที่ 616 ได้แนะนำ
การใช้เหล็กเสริมกำลังน้อยที่สุดเมื่อเทียบโดยน้ำหนักเหล็กรวมได้เท่ากับ 2,105.77 กิโลกรัม และ
เกิดเศษเหล็กเหลือจากการตัด 229.78 กิโลกรัม เมื่อทำการเปรียบเทียบจากกรณีที่ผู้ออกแบบกำหนด
คุณด้วยคุณร้อยละการสูญเสียไว้ตามมาตรฐาน คิดเป็นน้ำหนักรวมได้เท่ากับ 2,228.534 กิโลกรัม :
ซึ่งพบว่าระบบช่วยตัดสินใจสามารถลดปริมาณการใช้เหล็กเสริมกำลังโครงการคิดเป็นร้อยละ
5.088 ทั้งนี้หากนำข้อมูลจากระบบจำลองสารสนเทศอาคารมาทำการสร้างทางเลือกที่มากขึ้นคาดว่า
โปรแกรมจะสามารถแนะนำทางเลือกการตัดเหล็กที่เกิดการใช้เหล็กเสริมกำลังในโครงการได้ดี
ยิ่งขึ้น

Polsiwat Sribanpone 2015: Decision Support System for Reduce Reinforce Steel Bar Waste from Construction Project Using Linear Optimization with Building Information Modeling. Master of Architecture (Building Innovation), Major Field: Building Innovation, Department of Building Innovation. Thesis Advisor: Mr. Siradech Surit, D.Eng. 182 pages.

The objective of this study is to Develop Decision Support System for Reducing of Reinforce Steel Bar Waste from Construction Project by Using Linear Optimization algorithm with the Building Information Modeling (BIM), Reinforce Steel Bar Make more choice in developed form combination by Cartesian product for bring reinforce steel information and information design and arrange for appropriate cutting plan. In this regard, the tools that have been used for analyzing the data in the study are Visual Basic which is embedded in Microsoft Excel And this study choosing by BIM and using information from housing estate project for make alternative information in the steel concrete beam just 10 type for 10 position bring about to 1024 case of combination

The result of experiment to using the reinforce steel bar in case of combination number 616 show signs of compare with gross weight the minimum Steel Bar is 2,105.77 has Using less than all of case and has the least amount of steel waste 229.78 Kg. could comparison from original design case with standard waste 2,228.534 kg. Decision Support System could decrease for 5.088% by Weight. So that if using BIM Data for make more choice expected this program can suggest the best way in the Construction project.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ ดร. ศิริเดช สุจริตและ อาจารย์ ดร.ปารเมศ กำแหงฤทธิรงค์ ที่ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางการทำวิจัย

ขอขอบคุณ นส. ลลิตาดี ขวัญคุ้ม วิศวกรผู้ออกแบบโครงสร้างที่ให้ข้อมูลกรณีศึกษา
ขอขอบคุณนาย ธีรพล พัฒน์ทอง วิศวกรคอมพิวเตอร์ ที่ได้ให้คำปรึกษาในการประยุกต์ใช้โปรแกรม
และขอขอบคุณนาย สมภพ ปฐมนพ ผู้เชี่ยวชาญภาษาวิชาวเบสิก

ขอขอบคุณคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมอาคาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อาจารย์พิเศษทุกท่านที่ถ่ายทอดความรู้ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับผู้วิจัย เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการทำงานได้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ พี่ๆ และน้องๆ ในสาขาวิศวกรรมอาคาร รุ่น 9.5 ทุกท่าน และคุณนุกุล กันเกตุ
พี่สาขาวิศวกรรมอาคาร รุ่น 8.5 ที่ให้คำแนะนำ แนวทาง และข้อคิดต่างๆตลอดระยะเวลาของการศึกษา

และสุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้แรงบันดาลใจให้ การสนับสนุนด้วยความรัก และกำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา

พลศิวัช ศรีบ้านโพน

มกราคม 2558

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	41
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	73
สรุปและข้อเสนอแนะ	100
สรุป	100
ข้อเสนอแนะ	101
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	102
ภาคผนวก	105
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	182

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงคุณลักษณะเหล็กเสริม Round bars หรือเหล็กกลมแบบผิวเรียบ	8
2	คุณลักษณะเหล็กเสริม Deformed bars หรือเหล็กกลมแบบข้ออ้อย	9
3	แสดงสัญลักษณ์ในการเขียนผังงานลำดับขั้นตอน (Flow Chart)	37
4	ตารางข้อมูลเหล็กที่โปรแกรมต้องการ	70
5	ตารางข้อมูลเหล็กที่โปรแกรมต้องการ	76
6	ข้อมูลผลจากโปรแกรมแนะนำแผนการตัดเหล็ก RB6 กรณีที่เหมาะสมที่สุด (Combination 616)	78
7	ข้อมูลผลจากโปรแกรมแนะนำแผนการตัดเหล็ก RB9 กรณีที่เหมาะสมที่สุด (Combination 616)	84
8	ข้อมูลผลจากโปรแกรมแนะนำแผนการตัดเหล็ก DB12 กรณีที่เหมาะสมที่สุด (Combination 616)	86
9	ข้อมูลผลจากโปรแกรมแนะนำแผนการตัดเหล็ก DB16 กรณีที่เหมาะสมที่สุด (Combination 616)	90
10	ข้อมูลผลจากโปรแกรมแนะนำแผนการตัดเหล็ก DB20 กรณีที่เหมาะสมที่สุด (Combination 616)	94
11	ข้อมูลผลจากโปรแกรมแนะนำแผนการตัดเหล็ก DB25 กรณีที่เหมาะสมที่สุด (Combination 616)	95
12	เปรียบเทียบผลการสร้างกรณีจัดเรียงสับเปลี่ยนเพื่อสอบทวนความถูกต้อง	98
13	เปรียบเทียบผลจากโปรแกรมแนะนำการใช้เหล็กเสริม กรณีผู้ออกแบบกำหนดกรณีที่เพิ่มข้อมูลทางเลือกการการออกแบบที่มีค่าผลการใช้เหล็กเสริมที่น้อยที่สุด และมากที่สุด ตามลำดับ	99

ตารางผนวกที่

1	ข้อมูลการใช้เหล็กเสริมกำลัง 1024 กรณี (หน่วยเป็นเส้น 12 เมตร)	106
2	ข้อมูลการใช้เหล็กเสริมกำลัง 1024 กรณี (หน่วยเป็นกิโลกรัม: Kg)	144

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	หน่วยการยึดตัว และหน่วยแรงดึง	12
2	ส่วนประกอบของค้ำอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก	14
3	โมเมนต์ M_1 , M_2 และตำแหน่งการจัดเหล็กจากการคำนวณหาค่า As_1 , As_2	15
4	แสดงแกนสะเทิน หน่วยแรงอัด หน่วยแรงเฉือน ในคานคอนกรีตเสริมเหล็ก	17
5	แสดงลักษณะการจัดเสริมในคาน	21
6	องค์ประกอบข้อมูลสารสนเทศอาคาร	27
7	ประโยชน์และความสัมพันธ์ของข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร	28
8	ผลคูณคาร์ทีเซียน	33
9	ผังลำดับขั้นตอนวิธีการทำงานของโปรแกรม	43
10	ตัวอย่างผลการใช้โปรแกรมวางแผนการตัดเหล็ก	44
11	ความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของ Barcut Optimization กับ Building Information Modeling	44
12	แปลนคานชั้นล่าง	58
13	แปลนคานชั้นบน	59
14	รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B11	60
15	รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B12	61
16	รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B13	62
17	รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B14	63
18	รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B15	64
19	รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B16	65
20	รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B17	66
21	รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B18	67
22	รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B19	68
23	รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B20	69
24	ความแตกต่างของการใช้ Barcut Optimization และการใช้ Barcut Optimization ร่วมกับ Building Information Modeling	75
25	กราฟแสดงผลการใช้เหล็กเสริมกำลังคอนกรีตในหน่วยกิโลกรัมเฉพาะส่วนคาน 1024 กรณี	96

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	กราฟแสดงเส้นแนวโน้มการใช้เหล็กเสริมกำลังคอนกรีตในหน่วยกิโลกรัมเฉพาะ ส่วนคาน 1024 กรณี	96
27	กราฟแสดงการใช้เหล็กเสริมกำลังคอนกรีตในคาน ใน 1024 กรณี แบบ จัดเรียงข้อมูลจากมากไปหาน้อย	99

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

a	=	ความลึกของบล็อกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ขบเท่าในคอนกรีต
a	=	ช่วงความยาวที่รับแรงเฉือน
A	=	เนื้อที่ของคอนกรีตรอบเหล็กเสริมรับแรงดึงที่มีศูนย์กลางร่วมกับศูนย์กลางของเหล็กเสริมรับแรงดึงทั้งหมดหารด้วยจำนวนเหล็กเสริม
A _l	=	พื้นที่รับแรงกดอัด
A _b	=	เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมเส้นเดียว
A _c	=	เนื้อที่แกนคอนกรีตในเสาปลอกเกลียวซึ่งวัดถึงขอบนอกของเหล็กปลอกเกลียว
A _c	=	เนื้อที่ของผิวสัมผัสระหว่างคอนกรีตหล่อสำเร็จกับแผ่นพื้นหล่อในที่
A _c	=	เนื้อที่หน้าตัดของคอนกรีตที่รับแรงเฉือนในการคำนวณแรงเฉือน-ความเสียดทาน
A _g	=	เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมด
A _s	=	เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงดึง
A _{s'}	=	เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงอัด
A _{st}	=	เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กยื่นในเสา
A _l	=	เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมดของขาหนึ่งของเหล็กเสริมทางขวางที่ใช้ด้านแรงบิดที่มีระยะเรียง s
A _v	=	เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมดของขาหนึ่งของเหล็กเสริมรับแรงเฉือนที่มีระยะเรียง s
A _{vf}	=	เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมรับแรงเฉือน - ความเสียดทาน
b	=	ความกว้างของผิวดานรับแรงอัดของส่วนโครงสร้างที่รับแรงอัด
β	=	อัตราส่วนระหว่างด้านยาวต่อด้านสั้นของแผ่นพื้นสองทางหรือของฐานราก
c	=	ระยะจากขอบผิวที่เกิดแรงอัดสูงสุดไปยังแกนสะเทินของรูปตัดคานหรือเสา
C	=	แรงอัดที่กระทำบนหน้าตัด
C	=	สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ค้ำ สำหรับคานต่อเนื่องหรือแผ่นพื้นสองทาง
d	=	ความลึกประสิทธิภาพ
d	=	ระยะจากขอบผิวนอกสุดด้านรับแรงอัดไปยังจุดศูนย์กลางของเหล็กเสริมรับแรงดึง

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

d'	=	ระยะจากขอบผิวนอกสุดด้านรับแรงอัดไปยังจุดศูนย์กลางของเหล็กเสริมรับแรงอัด
d_b	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้น
d_c	=	ระยะจากขอบรับแรงดึงถึงจุดศูนย์กลางของเหล็กเสริมแถวแรกที่อยู่ใกล้ที่สุด
d_p	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม
D	=	น้ำหนักบรรทุกคงที่ใช้งาน หรือ โมเมนต์และแรงภายในที่เกี่ยวข้อง
D_c	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่างขอบนอกของเหล็กปลอกเสาในเสาปลอกเกลียว
D_s	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่างขอบนอกของเหล็กขึ้นในเสาปลอกเกลียว
Δ	=	ระยะ โคงของส่วน โครงสร้างซึ่งเกิดจากการรับน้ำหนักบรรทุก
e	=	ระยะเยื้องศูนย์กลางของแรงอัดมากระทำ วัดจากแนวศูนย์กลางพลาสติก
E_c	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต
E_s	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริม
E_{cb}	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสำหรับคาน
E_{cs}	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสำหรับแผ่นพื้น
$\mathcal{E}_c$	=	หน่วยการหดตัวของคอนกรีต
$\mathcal{E}_s$	=	หน่วยการหดตัวของเหล็กเสริมรับแรงดึง
$\mathcal{E}_{s'}$	=	หน่วยการหดตัวของเหล็กเสริมรับแรงอัด
$\mathcal{E}_y$	=	หน่วยการหดตัวที่จัดครากของเหล็กเสริม
f_c	=	หน่วยแรงอัดในคอนกรีต
f_c'	=	กำลังต้านทานแรงอัดสูงสุดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐาน ที่อายุ 28 วัน
f_s	=	หน่วยรับแรงดึงของเหล็กเสริมรับแรงดึง
f_y	=	หน่วยรับแรงดึงหรือหน่วยรับแรงอัดที่จุดครากของเหล็กเสริม

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

G	=	โมดูลัสของแรงเฉือน
h	=	ความหนาหรือความลึกทั้งหมดของส่วนโครงสร้าง
k	=	ตัวคูณประกอบความยาวของประสิทธิผลของเสา
I	=	ความยาวของแผ่นพื้นหรือคานที่วัดจากศูนย์ถึงศูนย์ของที่รองรับ
L	=	น้ำหนักบรรทุกจรใช้งาน หรือ โมเมนต์และแรงภายในที่เกี่ยวข้อง
L	=	ระยะด้านยาวของแผ่นพื้น
m	=	อัตราส่วนระหว่างด้านยาวต่อด้านสั้นของแผ่นพื้นเสริมเหล็กสองทาง
m	=	อัตราส่วน $f_y/0.85f_c'$
M	=	โมเมนต์ดัด
M_D	=	โมเมนต์ดัดของน้ำหนักคงที่
M_L	=	โมเมนต์ดัดของน้ำหนักจร
n	=	อัตราส่วน โมดูลัส $= E_s/E_c$
P_b	=	กำลังต้านทานแรงอัดสูงสุดตามทฤษฎีของเสา ค.ส.ล. ที่สภาวะสมดุล
P_0	=	กำลังต้านทานแรงอัดตามแกนของเสาสั้น
p	=	อัตราส่วนของเนื้อที่ของเหล็กเสริมรับแรงดึงต่อเนื้อที่สัมประสิทธิ์ผลของคอนกรีตในคานรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า
s	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
s	=	ระยะเรียงของเหล็กดัดตั้ง เหล็กปลอกหรือเหล็กค้ำ
S	=	ระยะด้านสั้นของแผ่นพื้น
U	=	น้ำหนักบรรทุกจร โมเมนต์หรือแรงภายในที่เกี่ยวข้องที่เพิ่มค่าด้วยตัวคูณน้ำหนัก
V_c	=	กำลังต้านทานแรงเฉือนสูงสุดในคอนกรีต
V_s	=	กำลังต้านทานแรงเฉือนสูงสุดในของเหล็กเสริมรับแรงเฉือน
W_c	=	น้ำหนักของคอนกรีต
W_d	=	น้ำหนักบรรทุกคงที่ ที่เพิ่มค่าแล้ว

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

WI	=	น้ำหนักบรรทุกจร ที่เพิ่มค่าแล้ว
API	=	ส่วนต่อประสานโปรแกรม (Application Program Interface)
BIM	=	แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling)
GUI	=	ส่วนประสานด้านกราฟิกกับผู้ใช้งาน (Graphical User Interface)
PUI	=	การใช้งานระบบกราฟิกแทนที่ระบบตัวอักษร (PARC User Interface)
RAD	=	ขบวนการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ด้วยความรวดเร็วและตรงความต้องการ (Rapid Application Development)
TUI	=	ส่วนต่อประสานผู้ใช้แบบข้อความ (Textuser interface)
CLI	=	ส่วนต่อประสานแบบชุดคำสั่ง (Command Line Interfaces)
VB	=	ภาษาวิซวลเบสิก (Visual Basic)
NP	=	อัตราเพิ่มของเวลาในการหาคำตอบเป็นแบบโพลิโนเมียล (Non-deterministic Polynomial time algorithm)
!	=	แฟกทอเรียล

ระบบช่วยตัดสินใจเพื่อลดเศษเหล็กเส้นเสริมกำลังจากโครงการก่อสร้างโดยการหาค่าที่เหมาะสมแบบเชิงเส้นร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

Decision Support System for Reducing of Reinforce Steel Bar Waste from Construction Project by Using Linear Optimization with the Building Information Modeling

คำนำ

รายงานการศึกษานี้รายงานผลการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการจัดเรียงแบบเชิงเส้นเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยวิเคราะห์และแนะนำทางเลือกในการตัดเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตอย่างเหมาะสมและเพิ่มทางเลือกในการเลือกใช้เหล็กเสริมขนาดต่างๆ และเพื่อลดปริมาณเศษเหล็กที่เกิดจากโครงการก่อสร้างเพื่อประหยัดงบประมาณในการก่อสร้างและลดเศษวัสดุก่อสร้างให้มากที่สุดโดยการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจจากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

แบบจำลองสารสนเทศอาคารเป็นเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทในวงการก่อสร้างตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ไปจนถึงการก่อสร้างอาคารซึ่งปัจจุบันนี้ การออกแบบ การเขียนแบบ การคำนวณโครงสร้าง การประมาณราคา รวมไปถึงการวางแผนงานต่างๆของอาคาร เป็นการทำงานแบบแยกส่วนกันซึ่งมีข้อเสียคือ ข้อมูลต่างๆ ขาดการประสานงานทำให้ และควบคุมความต่อเนื่องได้ยาก เนื่องจากการออกแบบก่อสร้างอาคาร เป็นขบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกันหลายสาขาอาชีพ และมีขั้นตอนการทำงานที่มีความซับซ้อน เริ่มตั้งแต่ งานออกแบบสถาปัตยกรรม งานออกแบบวิศวกรรมโครงสร้าง งานวิศวกรรมระบบอาคาร งานเขียนแบบ งานประมาณราคาก่อสร้าง งานวางแผนการก่อสร้าง งานบริหารโครงการก่อสร้าง งานควบคุมการก่อสร้าง ตลอดจนงานบริหารอาคาร ทำให้ต้องมีการเชื่อมโยงข้อมูลกันได้ทั้งระบบในทุกหน้าที่ เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพ สะดวก รวดเร็ว ลดปัญหาการทำงานที่ซ้ำซ้อนหน้าที่กัน

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมอยู่ 2 ส่วนหลัก ประกอบด้วยอัลกอริทึมดังต่อไปนี้

ส่วนที่หนึ่งเป็นการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการสร้างกรณีทางเลือกการออกแบบ (Design Option) จากแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาทำการจัดเรียงสับเปลี่ยน (Combination) โดยใช้หลักการหาผลคูณแบบคาร์ทีเซียน (Cartesian product) มาสร้างกรณีการสับเปลี่ยนใช้เหล็กเสริมขึ้น เพื่อที่จะนำทางเลือกทุกกรณีที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งหมดมาทำการจัดเรียงแผนการตัดเหล็กจากการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมในส่วนที่สอง

ส่วนที่สองเป็นการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Problem) มีอยู่มากมาย โดยสามารถแบ่งตามลักษณะของปัญหาออกเป็น 2 ส่วนคือ ปัญหาแบบแน่นอน (Deterministic Problem) และปัญหาแบบความน่าจะเป็น (Probabilistic Problem) หรือเรียกว่าแบบสุ่ม (Stochastic Problem) ซึ่งโครงการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบสุ่มมาประยุกต์ใช้โดยการเพิ่มขั้นตอนการเลือกใช้กรณีการออกแบบเหล็กเสริมที่หลากหลาย เพื่อหาทางเลือกที่เกิดความเหมาะสมในการช่วยลดปริมาณการใช้เหล็กและลดเศษเหล็กที่เหลือจากการตัดให้น้อยที่สุด

การพัฒนาอัลกอริทึมจัดการงานตัดเหล็กเสริมเพื่อให้เกิดเศษเหล็กให้น้อยที่สุด มีวัตถุประสงค์เพื่อจะเป็นทางเลือกในการช่วยตัดสินใจเพื่อให้เกิดการลดต้นทุนการก่อสร้าง และลดปริมาณเศษเหล็กจากโครงการก่อสร้าง แม้ว่าในปัจจุบันเศษเหล็กที่เกิดจากการก่อสร้างจะสามารถนำกลับมาผลิตใหม่อย่างเต็มประสิทธิภาพ แต่การลดการใช้เศษเหล็กส่งผลให้เกิดการบริหารทรัพยากรธรรมชาติที่ดีขึ้น เช่น ลดทรัพยากรทางพลังงานในการผลิต และลดการใช้แร่เหล็กซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเหล็กเป็นต้น

วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมอยู่ 2 ส่วนหลัก ประกอบด้วยอัลกอริทึมดังต่อไปนี้

1. เป็นการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการสร้างกรณีทางเลือกการออกแบบ (Design Option) จากแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาทำการจัดเรียงสับเปลี่ยน (Combination) โดยใช้หลักการหาผลคูณแบบคาร์ทีเซียน (Cartesian product) มาสร้างกรณีการสับเปลี่ยนให้เลืกเสริมขึ้น เพื่อที่จะนำทางเลือกทุกกรณีที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งหมดมาทำการจัดเรียงแผนการตัดเหล็กจากการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมในส่วนที่สอง
2. เป็นการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Problem) มีอยู่มากมายโดยสามารถแบ่งตามลักษณะของปัญหาออกเป็น 2 ส่วนคือ ปัญหาแบบแน่นอน (Deterministic Problem) และปัญหาแบบความน่าจะเป็น (Probabilistic Problem) หรือเรียกว่าแบบสุ่ม (Stochastic Problem) ซึ่งโครงการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบสุ่มมาประยุกต์ใช้โดยการเพิ่มขั้นตอนการเลือกใช้กรณีการออกแบบเหล็กเสริมที่หลากหลาย เพื่อหาทางเลือกที่เกิดความเหมาะสมในการช่วยลดปริมาณการใช้เหล็กและลดเศษเหล็กที่เหลือจากการตัดให้น้อยที่สุด

ขอบเขตของการวิจัย

รายงานการศึกษานี้รายงานผลการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการจัดเรียงแบบเชิงเส้นเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยวิเคราะห์และแนะนำทางเลือกในการตัดเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตอย่างเหมาะสมและเพิ่มทางเลือกในการเลือกใช้เหล็กเสริมขนาดต่างๆ เพื่อลดปริมาณเศษเหล็กที่เกิดจากโครงการก่อสร้างเพื่อประหยัดงบประมาณในการก่อสร้างและลดเศษวัสดุก่อสร้างให้มากที่สุดโดยการเลือกใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจจากแบบจำลองสารสนเทศอาคารโดยการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการจัดเรียงสับเปลี่ยนกรณี (Combination) และศึกษาขั้นตอนวิธีการวางแผนการตัดเหล็ก (Barcut Optimization) เพื่อมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลเชิงเส้นของเหล็กเสริมกำลังโครงการก่อสร้าง โดยการประยุกต์และพัฒนาโปรแกรม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระบบช่วยแนะนำการจัดการแผนงานการตัดเหล็กในโครงการก่อสร้างที่ดีขึ้นทำให้สามารถลดปริมาณการเสียเศษที่เหลือจากการตัดลดน้อยลง
2. ลดการใช้ทรัพยากรเหล็กในขบวนการผลิตเหล็กเสริมและลดการใช้เหล็กเหล็กเสริมในขบวนการก่อสร้างก่อสร้าง
3. เป็นการใช้ทรัพยากรเหล็กเสริมอย่างคุ้มค่า

การตรวจเอกสาร

ในการศึกษาระบบช่วยตัดสินใจเพื่อลดเศษเหล็กเส้นเสริมกำลังจากโครงการก่อสร้างโดยการหาค่าที่เหมาะสมแบบเชิงเส้นร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคารนั้น ได้ดำเนินการตรวจสอบเอกสารและศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยขั้นตอนการตรวจเอกสารออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลเหล็กและการออกแบบเหล็กเสริมคอนกรีต
 - 1.1 การศึกษาข้อมูลโดยทั่วไปของเหล็กเส้นในงานก่อสร้าง
 - 1.2 การศึกษาการออกแบบเหล็กเสริมคอนกรีต
2. การศึกษาข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคารสารสนเทศ หรือ Building Information Modeling : BIM
 - 2.1 แบบจำลองสารสนเทศอาคารในงานวิจัย
 - 2.2 แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อการพาณิชย์
 - 2.3 แบบจำลองสารสนเทศอาคารมาตรฐาน
3. การศึกษาอัลกอริทึมการจัดเรียงสับเปลี่ยนกรณีและอัลกอริทึมการจัดแผนการตัดเหล็ก
 - 3.1 การศึกษาและประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการสร้างกรณีทางเลือกการออกแบบ (Design Option)
 - 3.2 การศึกษาและการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Problem)
 - 3.3 การศึกษาหลักการเขียนโปรแกรมและการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา Virtual Basic ทำงานร่วมกับ Microsoft Excel

1. การศึกษาข้อมูลโดยทั่วไปของเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตในงานก่อสร้างเหล็กเสริม

เหล็กเป็นวัสดุที่มีความสำคัญมากชนิดหนึ่งในงานก่อสร้าง โดยเหล็กจะเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างตั้งแต่เสาเข็มจนถึงหลังคาใช้ในงานก่อสร้างตั้งแต่งานขนาดเล็ก บ้านพักอาศัยจนถึงสะพาน เชื้อเพลิง และสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่เหล็กที่ใช้ในงานก่อสร้างส่วนมากจะใช้ร่วมกับคอนกรีต จึงเรียกเหล็กเสริมคอนกรีต วัสดุทั้ง 2 ชนิดต้องใช้ร่วมกันเนื่องจากคอนกรีตมีคุณสมบัติรับแรงอัดหรือแรงกดได้ดีแต่รับแรงดึงได้น้อย เหล็กมีคุณสมบัติรับแรงดึงและแรงอัดได้ดีสูง การใช้ร่วมกันทำให้โครงสร้างสามารถรับแรงอัดแรงดึง แรงเฉือนหรือแรงบิด ที่เกิดขึ้นได้ดี

เหล็กเสริม (Reinforcing bars) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า Rebars ซึ่งใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป เป็นเหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) มีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ต่ำ (ประมาณ 0-0.3%) ผลิตขึ้นแบบ รีดร้อน (Hot rolled) โดยการหลอมเหลวเหล็กแท่งแล้วรีดออกมาด้วยลูกกลิ้งให้มีขนาดและรูปร่าง ตามต้องการเหล็กเสริมคอนกรีตมีทั้งแบบหน้าตัดกลมเรียบซึ่งเรียกว่า เหล็กกลมแบบผิวเรียบ

และแบบหน้าตัดกลมแต่มีบั้งหรือปล้องหรือครีบกึ่งยาวที่ผิวตามแนวความยาวของเหล็กซึ่งเรียกว่า เหล็กกลมแบบข้ออ้อย เหล็กเส้นที่ผลิตออกมาหนักประมาณ 7850 Kg/cm² มีความยาวมาตรฐาน 10 เมตร และ 12 เมตร เหล็กทุกเส้นจะมีหมายเลขขนาด ชื่อย่อและเครื่องหมายการค้าของบริษัทผู้ผลิต หล่อเป็นตัวนูนติดกับผิวเหล็ก เหล็กเส้นจะถูกลำเลียงมายังหน่วยงานก่อสร้างเป็นมัด ๆ และผูกป้าย แสดงเครื่องหมาย

1.1 ประเภทของเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตที่มีการใช้กันในปัจจุบันสามารถจำแนกตามคุณลักษณะออกได้ 3 ประเภท ดังต่อไปนี้

เหล็กกลมแบบผิวเรียบ (Round bars) ซึ่งผลิตจากการหลอมให้เป็นเหล็กแท่ง แล้วนำมารีดให้เป็นเส้นกลม นิยมนำมาใช้สำหรับโครงการก่อสร้างขนาดเล็ก ใช้เป็นเหล็กปลอกสำหรับคานและในโครงสร้างขนาดกลาง ขนาดกลางและใหญ่ เช่น บ้านพักอาศัย ตึกแถว และถนน เหล็กกลมแบบผิวเรียบ เป็นเหล็กเส้นที่มีหน้าตัดกลม มีผิวเรียบตลอด ความยาวของเหล็ก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 6 mm ถึง 25 mm มาตรฐาน มอก. 20 กำหนดให้เหล็กกลมแบบผิวเรียบมีชั้นคุณภาพเดียว คือ SR24 ซึ่งหมายถึง มีกำลังต้านทานต่อแรงดึงที่จุดครากของเหล็กไม่น้อยกว่า

2400 Kg/cm² ส่วนการเรียกชื่อขนาดให้ใช้สัญลักษณ์ RB (Round Bar) แล้วตามด้วยตัวเลขแสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นมิลลิเมตร เหล็กเส้น ชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ในงานก่อสร้างขนาดเล็กและขนาดกลาง เพราะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีตไม่ดีเท่าที่ควรเมื่อนำไปใช้งาน ควรขอที่ปลายเหล็กเสริมเพื่อเป็นการเพิ่มแรงยึดเหนี่ยว มีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย มอก. 20-2527 ชั้นคุณภาพ SR 24

- ความต้านแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Stress) หรือ F_u ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 385 MPa หรือ 3900 Kg/cm² (3,900 ksc)
- ความต้านแรงดึงที่จุดคราก (Yield Tensile Stress) หรือ F_y ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 235 MPa หรือ 2400 Kg/cm² (2,400 ksc)
- ความยืด (Elongation) ความต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 21 %

การขอที่ปลายเหล็กเสริมคอนกรีตทำเพื่อเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กและคอนกรีตเมื่อมีความยาวฝังยึดของเหล็กเสริมตามแนวเส้นตรงไม่เพียงพอ ตามมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ของ วสท. 1008-38 กำหนดการขอมาตรฐานดังนี้

งอขอ (180° Hook) ส่วนที่ตัดเป็นครึ่งวงกลมและมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย 4 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น แต่ระยะนี้ ต้องไม่น้อยกว่า 6m.

เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุดของการดัด (D) เส้นผ่านศูนย์กลางของวงโค้งที่ดัดของเหล็กเส้นวัดที่ด้านใน ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ทั้งนี้ ยกเว้นเหล็กดัดและเหล็กปลอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 6 mm ถึง 16 mm ให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของวงโค้งที่ดัดไม่น้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น ส่วนที่ตัดเป็นมุมฉาก สำหรับเหล็ก 6 mm ถึง 16 mm ต้องมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย 6 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะเหล็กเสริม Round bars หรือเหล็กกลมแบบผิวเรียบ

Bar Type	Diameter Ø (mm)	Weight (Kg/m)	cross sectional area(m ²)
RB 6	6	0.222	0.283
RB 9	9	0.499	0.636
RB 12	12	0.888	1.131
RB 15	15	1.387	1.767
RB 19	19	2.226	2.835
RB 25	25	3.853	4.909

ที่มา: กวี (2548)

เหล็กกลมแบบข้ออ้อย (Deformed bars) มีขบวนการผลิตโดยการหลอมให้เป็นเหล็กแท่งแล้วนำมารีดให้เป็นเส้นกลมและทำให้มีขี้ผึ้งที่ผิวเพื่อเพิ่มกำลังยึดระหว่างเหล็กกับคอนกรีตเป็นเหล็กที่นิยมใช้ในโครงการก่อสร้างขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่เช่นอาคารสูง

เหล็กกลมแบบข้ออ้อยเป็นเหล็กเส้นที่มีหน้าตัดกลมแต่ที่ผิวตามแนวความยาวของเหล็กมีลักษณะเป็นขี้ผึ้งหรือปล้องหรือครีบเกลียวซึ่งผลิตตามที่มาตรฐานกำหนดเหล็กกลมแบบข้ออ้อยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 10 mm ถึง 32 mm มาตรฐาน มอก. 24 กำหนดให้เหล็กข้ออ้อยมี 3 ชั้นคุณภาพคือ SD30,SD40 และ SD 50 ซึ่งหมายถึงมีกำลังต้านทานต่อแรงดึงที่จุดครากของเหล็กมีค่าไม่น้อยกว่า 3000 Kg/cm², 4000 Kg/cm² และ 5000 Kg/cm² ตามลำดับส่วนการเรียกชื่อขนาดให้ใช้สัญลักษณ์ DB (ตัวย่อจาก Deformed Bar) แล้วตามด้วยตัวเลขแสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นมิลลิเมตรเหล็กเส้นชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้งานก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ต้องการความแข็งแรงเป็นสูงเนื่องจากมีกำลังต้านทานต่อแรงดึงที่จุดครากสูงมากขึ้นและให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าเมื่อเทียบกับเหล็กกลมแบบผิวเรียบมีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย มอก. 24-2527 ชั้นคุณภาพ SD 30 กล่าวคือ

ตารางที่ 2 คุณสมบัติเหล็กเสริม Deformed bars หรือเหล็กกลมแบบข้ออ้อย

Bar Type	Diameter Ø (mm)	Weight (Kg/m)	cross sectional area(m ²)
DB 10	10	0.616	0.785
DB 12	12	0.888	1.131
DB 16	16	1.578	2.010
DB 20	20	2.466	3.146
DB 25	25	3.853	4.908
DB 28	28	4.834	6.157
DB 32	32	6.313	8.042

ที่มา: กวิ (2548)

- ความต้านแรงดึงสูงสุด Ultimate Tensile Stress หรือ (Fu) ต้องไม่น้อยกว่า 4900 Kg/cm² (4,900 ksc)

- ความต้านแรงดึงที่จุดคราก (Yield Tensile Stress) หรือ (Fy) ต้องไม่น้อยกว่า 3000 Kg/cm² (3,000 ksc)

- ความยืด (ELONGATION) ต้องไม่น้อยกว่า 17 %

*ความยาวมาตรฐานทั่วไปของเหล็กเส้นข้ออ้อย (Deformed Bars) ที่ขายในท้องตลาด 10, 12 เมตร

ความหมายของสัญลักษณ์

SD-24 หมายถึง เหล็กที่มีความเค้นถึงที่จุดคราก (Yield strength) ไม่น้อยกว่า 24 kg./mm.²

SD-30 หมายถึง เหล็กที่มีความเค้นถึงที่จุดคราก (Yield strength) ไม่น้อยกว่า 30 kg./mm.²

SD-35 คือ เหล็กที่มีความเค σ_y นึงที่จุดคราก σ_y (Yield strength) ไม่น้อยกว่า $\sigma_y \geq 35 \text{ kg/mm}^2$

SD-40 คือ เหล็กที่มีความเค σ_y นึงที่จุดคราก σ_y (Yield strength) ไม่น้อยกว่า $\sigma_y \geq 40 \text{ kg/mm}^2$

SD-50 คือ เหล็กที่มีความเค σ_y นึงที่จุดคราก σ_y (Yield strength) ไม่น้อยกว่า $\sigma_y \geq 50 \text{ kg/mm}^2$

SR-24 คือ เหล็กที่มีความเค σ_y นึงที่จุดคราก σ_y (Yield strength) ไม่น้อยกว่า $\sigma_y \geq 24 \text{ kg/mm}^2$

SRR-24 คือ เหล็กที่มีความเค σ_y นึงที่จุดคราก σ_y (Yield strength) ไม่น้อยกว่า $\sigma_y \geq 24 \text{ kg/mm}^2$

เหล็กรีดซ้ำ (Re-rolled Round bars) มีขบวนการจากเศษเหล็กที่ได้มาจากเข็มพิดเหล็กแผ่นต่อเรือเหล็กโครงสร้างรูปพรรณหรือเหล็กที่คัดออกระหว่างการกระทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นำมารีดเป็นเส้นกลมเหมาะสำหรับงานก่อสร้างขนาดเล็กเช่นบ้านพักอาศัย

เหล็กเสริมคอนกรีตที่ใช้ต้องเป็นเหล็กใหม่ปราศจากสนิม ไม่เปื้อนโคลน, น้ำมัน หรือสารอื่น ๆ ที่จะทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและเหล็กลดลง ห้ามใช้เหล็กไม่เต็มขนาดหรือเหล็กที่มีรอยคอด ทำให้พื้นที่หน้าตัดของเหล็กลดลงกว่าที่กำหนดให้

1.2 คุณสมบัติของเหล็กเสริม

คุณสมบัติที่เชิงพลวัตของเหล็กที่ควรทราบเพื่อใช้ในการคำนวณออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กได้แก่ โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) หรือ โมดูลัสของยัง (Young's modulus)

อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเครียดซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความเค้น แนวลาดของส่วนเส้นตรงของแผนผังความเครียดความเค้น โมดูลัสสัมผัสความยืดหยุ่นคือแนวลาดของ

แผนผังความเครียดความเค้น ณ จุดใด ๆ โมดูลัสซีแคนท์ความยืดหยุ่นเป็นความเค้นที่หารด้วยความเครียดตามค่าความเค้นหรือความเครียดที่ระบุ สามารถเรียกอีกอย่างว่าอัตราส่วนความเค้นความเครียด

โมดูลัสสัมผัสและโมดูลัสซีแคนท์ความยืดหยุ่นจะเท่ากับ หรือสูงถึงพิกัดสัดส่วนของวัสดุ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทน้ำหนักรทุกตามแผนผังความเครียดความเค้น โมดูลัสความยืดหยุ่นสามารถรายงานผลเป็น โมดูลัสแรงอัดความยืดหยุ่น (หรือโมดูลัสความยืดหยุ่นของแรงอัด) โมดูลัสความยืดหยุ่นในการดัดโค้ง โมดูลัสเฉือนความยืดหยุ่น (หรือโมดูลัสความยืดหยุ่นจากแรงเฉือน) โมดูลัสแรงดึงความยืดหยุ่น (หรือโมดูลัสความยืดหยุ่นจากแรงดึง) หรือโมดูลัสแรงบิดความยืดหยุ่น (หรือโมดูลัสความยืดหยุ่นจากแรงบิด) สามารถระบุโมดูลัสความยืดหยุ่นได้จากการทดสอบเชิงพลวัต โดยสามารถดูค่าจากคอมเพลกซ์โมดูลัส โมดูลัสเพียงอย่างเดียวใช้เพื่ออ้างถึงโมดูลัสแรงดึงความยืดหยุ่น โมดูลัสเฉือนโดยปกติเกือบจะเท่ากับโมดูลัสแรงบิด โดยทั้งสองสามารถเรียกเป็นโมดูลัสการคืนตัว โมดูลัสความยืดหยุ่นจากแรงบิดและแรงอัดโดยประมาณจะเท่ากัน และเรียกว่า โมดูลัสของยัง โมดูลัสการคืนตัวมีส่วนเกี่ยวข้องกับโมดูลัสของยัง

โมดูลัสความยืดหยุ่นของเหล็ก (E_s) มีค่าประมาณ $204,000 \text{ kg/cm}^2$ หรือ

$$E_s = 2.04 \times 10^6 \text{ ksc} \text{ (ksc = kg/cm}^2\text{)}$$

กำลังรับแรงดึง (Tensile stress) หมายถึงหน่วยแรงดึงสูงสุดที่ดึงเหล็กตัวอย่างจนขาด หาได้จากกราฟซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ดึงเหล็กตัวอย่างกับความยาวของเหล็กที่เพิ่มขึ้นหน่วยของความเค้นด้านทานแรงดึงเป็นกิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตรหรือกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรจากแรงที่ใช้ดึงหารด้วยพื้นที่หน้าตัดขวางของเหล็ก (A_s)

กำลังจุดคราก (Yield stress) หรือ หมายถึงแรงดึงที่เหล็กเริ่มยืดตัวโดยไม่ต้องใช้แรงดึงเพิ่มอีกเลย



ภาพที่ 1 หน่วยการยืดตัว และหน่วยแรงดึง

ที่มา: กวี (2548)

พฤติกรรมการเกิดแรงดึงและการยืดหดตัวในคอนกรีต

1. เหล็กเส้นชนิดเหล็กโครงสร้างเมื่อไม่มีผลการทดลองให้ใช้ $1,200 \text{ ksc}$ ($f_s = 1,200 \text{ ksc}$)
2. เหล็กเสริมหลักที่มีขนาด 9 mm . หรือเล็กกว่าในพื้นที่เสริมเหล็กทางเดียวที่ช่วงยาวไม่เกิน 3.0 m . ให้ใช้ 0.50 เท่าของกำลังครากต่ำสุดแต่ต้องไม่เกิน $2,100 \text{ ksc}$ ($f_s = 0.5f_y \leq 2,100 \text{ ksc}$)

หน่วยการยืดหดตัว

หน่วยการยืดหดตัวทั้งในเหล็กและคอนกรีตที่จุดต่างๆตลอดความลึกของคานมีค่าแปรตามระยะจากแนวแกนสะเทินส่วนหน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าของโมเมนต์ดัดที่เพิ่มขึ้นจนถึงหน่วยแรงดึงที่จุดครากเหล็กเส้นเสริมจะยืดมากเมื่อเลยจุดครากจะทำให้คอนกรีตร้าวมากขึ้นทำให้ทราบล่วงหน้าว่าการชำรุดของคานถ้ามีการลดน้ำหนักบรรทุกลงก็จะช่วยไม่ให้คานพังลงมาได้

การออกแบบด้วยทฤษฎียึดหยุ่นอีลาสติคนี้มีหลักการออกแบบโดยจะต้องพิจารณาจากหน่วยแรงที่ยอมให้ซึ่งมีส่วนปลอดภัยประมาณสองเท่าจากหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีตและจากหน่วยแรงที่จุดครากของเหล็กเสริมซึ่งเป็นการนำเอาคอนกรีตและเหล็กมาใช้ในช่วงที่ปลอดภัยและมีหน่วยการยึดหดตัวต่ำด้วย

หน่วยแรงและหน่วยการยึดหดตัวในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ถ.)

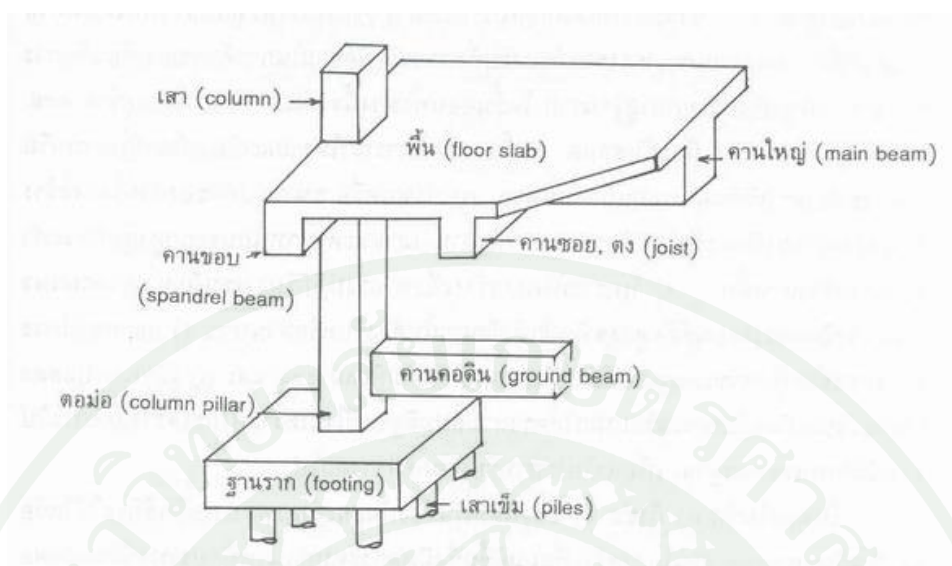
เมื่อคานมีพฤติกรรมการเกิดโมเมนต์บวกเช่นในคานช่วงเดียวมีแรงดัดกระทำซึ่งอาจจะเป็นแบบน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่นหรือกระทำเป็นจุดทำให้คานเกิดการดัดโก่งในลักษณะที่มีแรงดัดชนิดและแรงอัดที่ผิวบนของคานลงมามีแรงดัดชนิดแรงดัดที่ผิวล่างของคานขึ้นไปและแรงดัดมีค่าเป็นศูนย์ที่แนวแกนสะเทินและมีค่าเพิ่มขึ้นที่จุดห่างจากแนวแกนสะเทินขึ้นไปโดยมีค่ามากที่สุดที่ผิวบนของคานสำหรับส่วนล่างใต้แนวแกนสะเทินนั้นให้ถือว่าเหล็กเสริมทำหน้าที่ต้านทานแรงดึงไว้ทั้งหมดเนื่องจากคอนกรีตที่ผิวล่างก็จะเป็นรอยที่ตึงฉากกับความยาวคานที่บริเวณกลางคานและเป็นแนวเอียงที่บริเวณปลายคานทำให้เหล็กคอนกรีตได้แนวแกนสะเทินเพียงเล็กน้อยซึ่งจะต้านทานแรงดึงได้น้อยมากและไม่แน่นอนด้วยเพื่อความสะดวกในการออกแบบ

ชนิดของการจัดเหล็กเสริม สามารถจำแนกตามลักษณะการออกแบบได้ดังต่อไปนี้

การออกแบบการเสริมเหล็กแบบสมดุล (Balance design) เป็นการออกแบบคานที่มีการออกแบบแบบสมดุลหรือมีการเสริมเหล็กสมดุล $M_c = M_s$ หมายความว่าคานมีการออกแบบให้มีปริมาณเหล็กเสริมพอเหมาะที่ทำให้เกิดหน่วยแรงอัดในคอนกรีตและหน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมมีค่าเท่ากับหน่วยแรงที่ยอมให้ทั้งสองชนิดในขณะที่รับโมเมนต์ (โดยที่ $M = M_c = M_s$)

การออกแบบการเสริมเหล็กเกินสมดุล (Over reinforced design) เป็นคานที่มีการเสริมเหล็กเกินสมดุล $M_c < M_s$ หมายความว่าเมื่อคานรับโมเมนต์ M (โดยที่ $M = M_c$) กระทำต่อคานค่าหน่วยแรงอัดที่เกิดในคอนกรีตจะมีค่าถึงหน่วยแรงที่ยอมให้แต่ค่าหน่วยแรงที่เกิดในเหล็กเสริมยังไม่ถึงค่าหน่วยแรงที่ยอมให้

การออกแบบการเสริมเหล็กต่ำกว่าสมดุล (Under reinforced design) เป็นคานที่มีการเสริมเหล็กต่ำกว่าสมดุล $M_c > M_s$ ซึ่งหมายความว่าเมื่อคานรับโมเมนต์ M (โดยที่ $M = M_s$) กระทำต่อคานค่าหน่วยแรงดึงที่เกิดในเหล็กเสริมจะมีค่าเท่ากับหน่วยแรงที่ยอมให้แต่ค่าหน่วยแรงอัดที่เกิดในคอนกรีตยังไม่ถึงค่าหน่วยแรงที่ยอมให้



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

ที่มา: กวี (2548)

1.3 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

คานหมายถึงองค์อาคารที่รับแรงคดโดยปกติคานจะอยู่ในแนวระดับและรับน้ำหนักที่กระทำตามแนวดิ่งน้ำหนักที่กระทำต่อคานนี้จะทำให้เกิดโมเมนต์คดและแรงเฉือนซึ่งจะทำให้เกิดหน่วยแรงต่างๆ ขึ้นในคานเช่น หน่วยแรงอัด (Compressive stress) หรือ หน่วยแรงดึง (Tensile stress) ในคานคอนกรีตเสริมเหล็กโดยปกติทั่วไปจะมีรูปตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีเหล็กเสริมฝังในเนื้อคอนกรีตเพื่อทำหน้าที่รับแรงดึงที่เกิดขึ้นในคานหรือบางครั้งมีเหล็กเสริมรับแรงดึงและเหล็กเสริมช่วยคอนกรีตรับแรงอัดด้วยการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหมายถึงการคำนวณเพื่อเลือกขนาดรูปหน้าตัดคานและปริมาณเหล็กเสริมเพื่อให้คานสามารถรับน้ำหนักบรรทุกที่ใช้งานได้โดยปลอดภัยโดยหน่วยแรงต่างๆที่เกิดขึ้นในคานจะมีค่าได้ไม่เกินหน่วยแรงที่ยอมให้ดังนั้นในการศึกษาการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กจะต้องศึกษาเกี่ยวกับ

1.3.1 ความต้านทานแรงคด

1.3.2 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม

1.3.3 ความต้านทานแรงเฉือนและแรงดึงทแยง

การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

ในการออกแบบคานคอนกรีตเสริมรับแรงดึงและรับแรงอัดเพื่อรับโมเมนต์ที่กระทำต่อคานได้หมายถึงการทำการคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง (A_s) และปริมาณเหล็กเสริมแรงอัด (A_s') ที่ใช้ในคาน โดยคานจะถูกกำหนดมาให้วิธีการคำนวณให้โมเมนต์ที่กระทำต่อคาน (M) มีค่าเท่ากับโมเมนต์ซึ่งต้านทานโดยคอนกรีตกับเหล็กเสริมรับแรงดึงส่วนที่ 1 (M_1) บวกกับโมเมนต์ที่ต้านทานโดยเหล็กเสริมรับแรงดึงส่วนที่เหลือกับเหล็กเสริมรับแรงอัด (M_2)

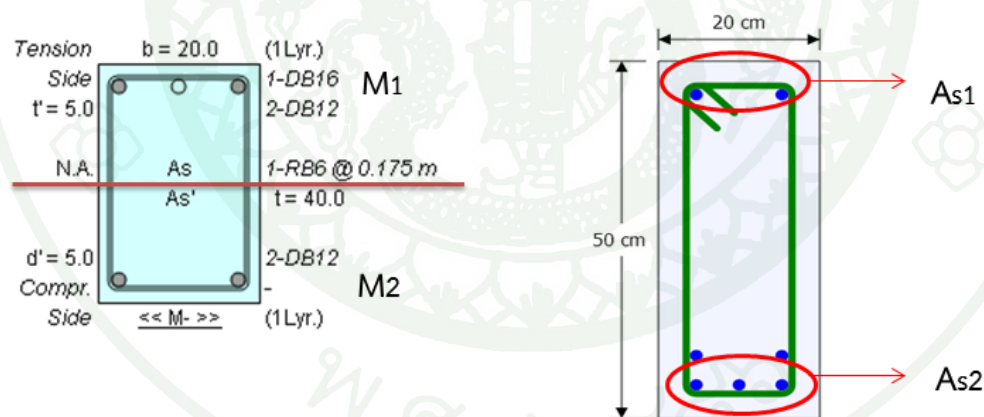
การคำนวณหาเหล็กเสริมแรงอัด (A_s')

$$M_1 = \frac{1}{2} f_c k_j b d^2 = R b d^2 = A_{s1} f_s j d \dots \dots \dots (1)$$

$$M_2 = A_s' f_s (d - d') = A_{s2} f_s (d - d') \dots \dots \dots (2)$$

$$A_{s1} = M_1 / f_s j d \dots \dots \dots (3)$$

$$A_{s2} = M_2 / f_s (d - d') \dots \dots \dots (4)$$



ภาพที่ 3 โมเมนต์ M_1 , M_2 และตำแหน่งการจัดเหล็กจากการคำนวณหาค่า A_{s1} , A_{s2}

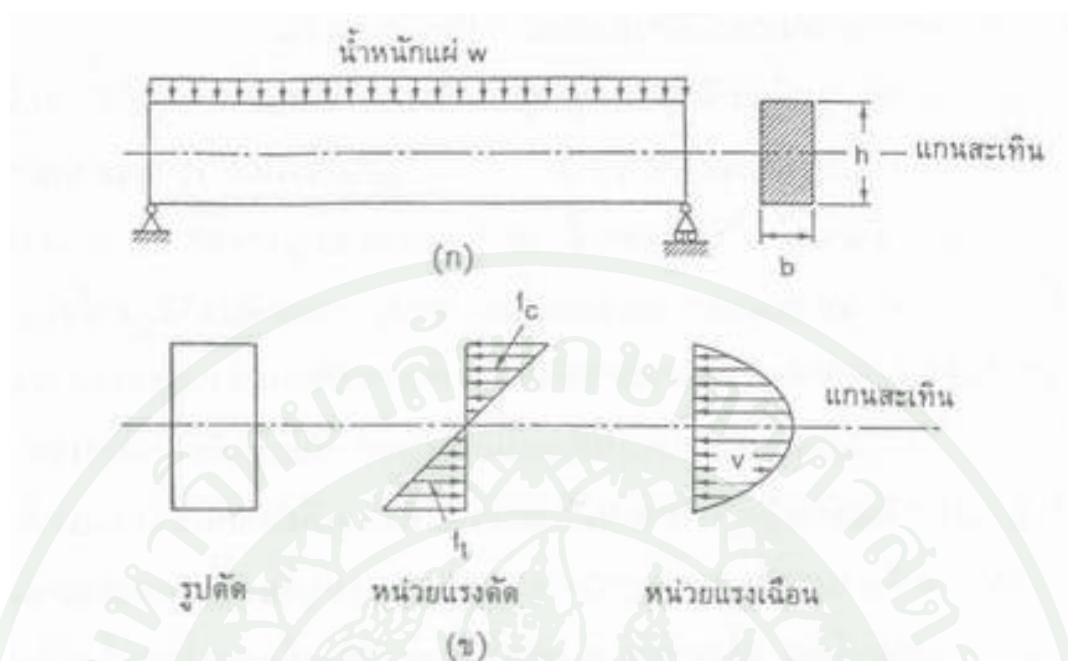
พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมรับแรงดึงทั้งหมด $A_s = A_{s1} + A_{s2}$

$$= M_1 / f_s j d + M_2 / f_s (d - d') \dots \dots \dots (5)$$

สำหรับสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้แทนค่าสามารถอธิบายได้ดังนี้

- M = โมเมนต์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับคาน
 M_r = โมเมนต์ต้านทาน โดยตลอดภัยของคาน
 $M_c = M_1$ = โมเมนต์ต้านทาน โดยเหล็กเสริมรับแรงดึง
 M_2 = โมเมนต์ต้านทาน โดยเหล็กเสริมรับแรงดึงส่วนที่เกิดจาก M_1 , $(M-M_1)$
 F_c = หน่วยแรงอัดที่ผิวด้านบนของคานซึ่งกระจายเป็นรูปสามเหลี่ยมจนถึงแนวแกนสะเทิน
 T_1 = แรงดึงของเหล็กเสริมที่เกิดขึ้นกับกรณีออกแบบเพื่อรับแรงดึง
 T_2 = แรงดึงของเหล็กเสริมที่เสริมเพิ่มเพื่อให้สมดุลกับเหล็กเสริมรับแรงอัด
 f_s = หน่วยแรงของเหล็กเสริมที่เสริมเพื่อรับแรงดึง
 f_s' = หน่วยแรงของเหล็กเสริมที่เสริมเพื่อต้านทานแรงอัด
 kd = ระยะจากผิวด้านบนคานถึงแนวแกนสะเทิน
 jd = ระยะแขนของโมเมนต์ระหว่างแรงอัด (C) กับแรงดึง (T)
 b = ความกว้างของคาน
 d = ความลึกจากผิวด้านบนคานจนถึงจุดศูนย์กลางของกลุ่มเหล็กเสริม
 $d-d'$ = ระยะช่วงแขนระหว่างเหล็กเสริมรับแรงอัดกับรับแรงดึง
 D = ความลึกทั้งหมดจากผิวด้านบนคานถึงขอบล่างของคาน
 A_s = พื้นที่หน้าตัดของกลุ่มเหล็กเสริมรับแรงดึงทั้งหมด ($A_{s1} + A_{s2}$)
 A_{s1} = พื้นที่หน้าตัดของกลุ่มเหล็กเสริมรับแรงดึงเพื่อต้านทานโมเมนต์ (M_1)
 A_{s2} = พื้นที่หน้าตัดของกลุ่มเหล็กเสริมรับแรงดึงเพื่อต้านทานโมเมนต์ (M_2)
 A_s' = พื้นที่หน้าตัดของกลุ่มเหล็กเสริมรับแรงดึงเพื่อต้านทานโมเมนต์ (M_2)

คานหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่เสริมเหล็กรับแรงดึงและแรงอัด (Double reinforced Rectangular beams) ในบางครั้งการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กอาจถูกจำกัดขนาดโดยเฉพาะความลึกของคานเนื่องจากความต้องการทางสถาปัตยกรรมหรือเหตุผลอื่นใดก็ตามซึ่งเป็นผลให้ค่าโมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีตของคานมีค่าน้อยกว่าโมเมนต์ดัดที่กระทำต่อคาน (Applied moment) ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเสริมเหล็กเข้าไปในส่วนที่รับแรงอัด (Compression zone) ทำให้หน้าตัดของคานที่มีทั้งเหล็กเสริมรับแรงดึงและเหล็กเสริมรับแรงอัดนอกจากนี้การใช้เหล็กรับแรงอัดยังช่วยลดการโก่งตัวของคาน (Deflection) ซึ่งเกิดจากการหดตัว (Shrinkage) และการล้าของคอนกรีตอีกด้วย



ภาพที่ 4 แสดงแกนสะเทิน หน่วยแรงดัด หน่วยแรงเฉือน ในคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

ที่มา: กวี (2548)

1.2.1 การศึกษาเกี่ยวกับแรงดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กมี 2 กรณีคือ

การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง การวิเคราะห์หาค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตและเหล็กเสริมของคานที่กำหนดขนาดและค่าโมเมนต์ที่กระทำต่อคานมาให้สมมุติฐานในการคำนวณแรงดัดเนื่องจากคานคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นคานที่ประกอบด้วยวัสดุสองชนิดคือคอนกรีตและเหล็กเสริมดังนั้นในการคำนวณแรงดัดโดยทฤษฎีอีลาสติคให้ใช้สมมุติฐานว่าหน่วยการยืดตัวของเหล็กและหน่วยการหดตัวของคอนกรีตที่เกิดขึ้นมีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะจากแกนสะเทินพื้นที่หน้าตัดก่อนถูกแรงดัดยังคงรูปเดิมภายหลังถูกแรงดัด

การออกแบบ (Design) คือการคำนวณหาขนาดหน้าตัดของคานและปริมาณเหล็กเสริมเพื่อรับน้ำหนักที่กำหนดให้โดยจะมีการกำหนดค่าหน่วยแรงของคอนกรีตและเหล็กเสริมให้ในการออกแบบจะใช้เหล็กเสริมรับแรงดึงทั้งหมดในการคำนวณให้แปลงเนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมรับแรงดึงเป็นหน้าตัดคอนกรีตซึ่งมีเนื้อที่ “ n ” เท่าของเนื้อที่หน้าตัดเหล็กเสริม

กำหนดค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ดังต่อไปนี้

- สำหรับคอนกรีตรับแรงดัด หน่วยแรงอัดที่ผิว $f_c = 0.45 f_c'$

- สำหรับคอนกรีตรับแรงเฉือน หน่วยแรงเฉือน $v_c = 0.29 f_c'$ สำหรับในคาน
 $v_c = 0.53 f_c'$ สำหรับในฐานราก

- สำหรับเหล็กเสริมรับแรงดึง $f_s = 0.50 f_y$

1.2.2 แรงยึดเหนี่ยว (Bond stress)

คอนกรีตและเหล็กเสริมซึ่งเกาะติดกันจะทำหน้าที่ต้านทานแรงร่วมกันซึ่งจะทำให้เกิดการถ่ายแรงซึ่งกันและกันในวัสดุทั้งสองการถ่ายแรงนี้จะทำให้เหล็กเสริมพยายามเลื่อนตัวออกจากคอนกรีตที่เกาะติดอยู่เรื่อยๆ หน่วยแรงที่ต้านทานไม่ให้เกิดการเคลื่อนตัวของเหล็กออกจากคอนกรีตเรียกว่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยว (Bond stress) เหล็กเสริมตามแนวยาวของคานจำเป็นต้องมีระยะฝังที่มากพอในคานยื่นเพื่อไม่ให้คานเกิดการชำรุดด้วยสาเหตุแรงยึดเหนี่ยวไม่เพียงพอ

1.2.3 แรงดึงทแยง (Diagonal tension), แรงเฉือน (Shear) และแรงยึดเหนี่ยวในคาน (Bond in Beams)

การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กต้องทำการออกแบบให้คานสามารถรับแรงเฉือน (Shear) และแรงดึงทแยง (Diagonal tension) เมื่อจะทำการออกแบบคานโดยให้คอนกรีตรับแรงดึงทแยงได้นั้นจะทำให้มีหน้าตัดของคานขนาดหน้าตัดใหญ่มากซึ่งทำให้สิ้นเปลืองถ้าจะทำการออกแบบให้คานมีขนาดหน้าตัดไม่ใหญ่เกินไปจึงต้องทำการออกแบบการเสริมเหล็กช่วยรับแรงดังกล่าวที่เกิดขึ้น

1.4 หน่วยแรงเฉือน (Shearing stresses)

การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อรับแรงเฉือนนั้นแตกต่างกับคานที่ใช้วัสดุอื่นทั่วไปเพราะคานคอนกรีตเสริมเหล็กไม่ใช่วัสดุประเภทยืดหยุ่นและเป็นเนื้อเดียวอย่างแท้จริง หน่วยแรงเฉือนเป็นสมการที่ได้จากผลการทดลองซึ่งเหมาะสำหรับการออกแบบด้วย Ultimate

Strength Method หรือทฤษฎีกำลังประลัยแต่มื่อนำมาใช้กับทฤษฎีขีดหยุนจึงต้องให้มีความปลอดภัยโดยการลดค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ลง

พิจารณาคานซึ่งถูกน้ำหนักกระทำดังรูปขนาดหน้าตัดของคาน = $b \times d$ เหล็กเสริมรับแรงเฉือน (Web reinforcement, Stirrups and bent-up bars) เมื่อคานคอนกรีตไม่สามารถรับแรงเฉือนได้อย่างเพียงพอก็จำเป็นต้องใส่เหล็กให้ช่วยรับแรงเฉือนในส่วนที่เกินนั้นโดยที่

$$V' = V_v - V_c \dots\dots\dots(6)$$

โดย $V_c = v_c \cdot b \cdot d$ = แรงเฉือนที่คานคอนกรีตสามารถรับแรงไว้ได้, kg.

V_v = แรงเฉือนที่เกิดขึ้นทั้งหมดหรือแรงเฉือนที่คานต้องรับไว้หมด, kg.

V' = แรงเฉือนที่ต้านทานโดยการเสริมเหล็กรับแรงเฉือน, kg.

หรือ $V' = v \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(7)$

แรงดึง T เป็นแรงดึงทะแยงที่เกิดขึ้นที่หน้าตัดของคานทำมุม 45° กับแนวแกนสะเทิน

แรงดึง T_1 เป็นแรงดึงที่เกิดขึ้นกับเหล็กเสริมรับแรงเฉือน (เหล็กปลอก)

เหล็กเสริมรับแรงเฉือนแบ่งออกเป็น

1. เหล็กผูกตั้ง (Stirrup) จะมีลักษณะทำมุมกับแนวของคานโดยปกติจะเป็นเหล็กขนาด 6 mm หรือ 9 mm.เสริมโดยผูกติดกับเหล็กเสริมทางยาวหรือวางตั้งฉากกับแนวนอนของคานหรืออาจจะวางเอียง

2. เหล็กค่อม (Bent up bars) เป็นการจัดเหล็กเสริมแรงดึงที่จุดที่มีปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงมากเกินไปความต้องการเพื่อทำหน้าที่ช่วยรับแรงเฉือนอาจจะมีหนึ่งเส้นหรือหลายเส้นก็ได้

มาตรฐาน ว.ส.ท. 2553 ได้กำหนดการใช้เหล็กเสริมรับแรงเฉือนดังนี้

1. หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมรับแรงเฉือน (f_v)

2. หน่วยแรงเฉือน v จะต้องไม่เกิน 1.32 fc'

3. การจัดเหล็กเสริมรับแรงเฉือนจะต้องจัดให้มีระยะเรียงของเหล็กเสริม S ไม่เกิน $2d$ และเนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมรับแรงเฉือน (A_v) ต้องมากกว่า $0.0015 \cdot b \cdot S$ และถ้าหน่วยแรงเฉือนเกินกว่า 0.795 fc' ระยะเรียงเหล็กเสริม S ต้องมีระยะเรียงไม่เกิน

การออกแบบคานต่อเนื่อง (Continuous beam) คือการออกแบบคานที่มีช่วงคานตั้งแต่สองช่วงขึ้นไปการวิเคราะห์คานต่อเนื่องเพื่อกำหนดค่าของโมเมนต์และแรงเฉือนเพื่อใช้ในการออกแบบขนาดและปริมาณเหล็กเสริมของคานนั้นค่อนข้างยุ่งยากและเสียเวลาเพื่อให้การออกแบบคานต่อเนื่องได้ง่ายขึ้นตามมาตรฐาน ว.ส.ท. จึงได้ทำการกำหนดค่าประมาณของโมเมนต์และแรงเฉือนเพื่อใช้สำหรับออกแบบคานต่อเนื่องโดยให้ใช้ได้สำหรับคานที่มีช่วงต่อเนื่องตั้งแต่ 2 ช่วงขึ้นไปและช่วงคานเกือบเท่ากันแต่จะต้องมีความแตกต่างของช่วงคานต้องไม่เกิน 1.2 เท่าและน้ำหนักบรรทุกเป็นน้ำหนักบรรทุกแผ่กระจายสม่ำเสมอตลอดความยาวคานและน้ำหนักบรรทุกจรมากกว่าน้ำหนักบรรทุกคงที่ไม่เกิน 3 เท่า ($LL \geq 3 DL$)

การหาน้ำหนักของคาน (Dead Load: $DL, \text{Kg./m}$)

สามารถคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$DL = b \cdot H \cdot Y_c \text{ (kg/m)} \dots\dots\dots(8)$$

โดย DL = น้ำหนักของคาน (Dead Load: DL .) โดยทั่วไปใช้หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเมตร (Kg./m)

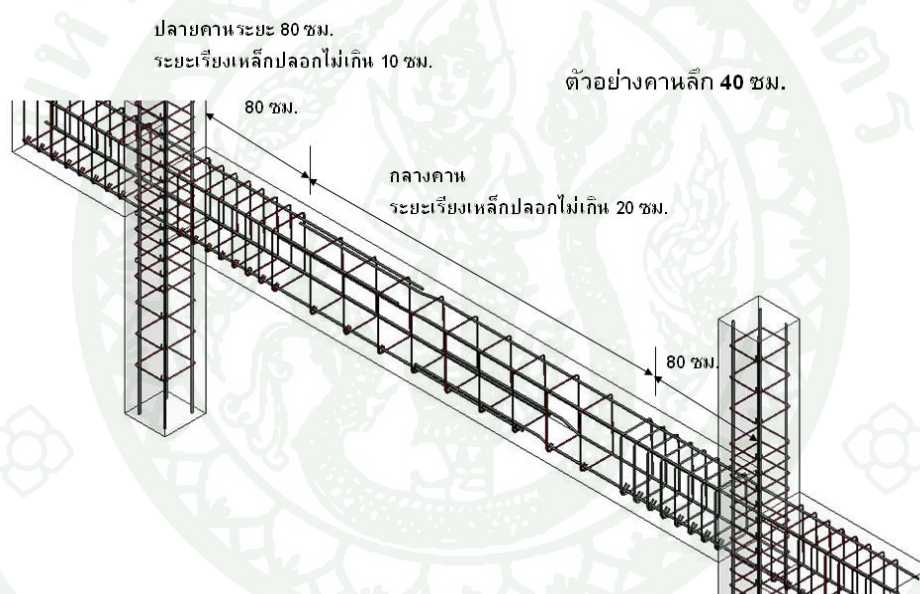
$$Y_c = \text{หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตเสริมเหล็ก} = 2,400 \text{ kg./m.}^3$$

1.1.3 งานเหล็กเสริม

คอนกรีตเสริมเหล็กเป็นวัสดุก่อสร้างมีการใช้งานอย่างแพร่หลายไม่ว่าทั้งในประเทศและต่างประเทศ การออกแบบโครงสร้างประกอบด้วยสองขั้นตอนหลักคือ

1. พิจารณาแรงต่างๆที่มากระทำต่อโครงสร้างโดยใช้วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างที่เหมาะสม

2. ออกแบบองค์อาคารทั้งหมดโดยคำนึงถึง ความแข็งแรง ความปลอดภัย และความสามารถในการใช้งาน โดยคอนกรีตมีความสามารถรับแรงอัดแต่มีความอ่อนแอในการรับแรงดึงและเหล็กเสริมมีความสามารถรับแรงดึงนี้ ดังนั้นเมื่อรับน้ำหนักจะเกิดการแตกร้าว จากการหดตัวและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จึงทำให้เกิดหน่วยแรงดึงเกินกว่าที่คอนกรีตจะรับได้ โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดจะถูกต้านทานโดยคู่ควบแรงอัด-แรงดึงในคอนกรีต



ภาพที่ 5 แสดงลักษณะการจัดเสริมในคาน

ที่มา: อมร (2557)

การเพื่อการสูญเสียเหล็กเส้นโดยวิธีประมาณการ

ในการวิเคราะห์การใช้เหล็กเส้นในโครงการหนึ่งๆโดยวิธีประมาณการการสูญเสียเหล็กในปัจจุบันที่ใช้กันโดยทั่วไปสำหรับการวัดจะใช้อัตราเปอร์เซ็นต์ปริมาณเหล็กเพิ่มเพื่อเป็นการเพื่อการสูญเสียตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (จักรพันธ์, 2524) ดังนี้

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

1.4 การจัดวางเหล็กเสริม

ต้องจัดวางเหล็กเสริมตามตำแหน่งที่กำหนด โดยมีวิศวกรรองรับเหล็กเสริมเพื่อหนุนและยึดเหล็กทุกเส้นให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง เป็นขาตั้งโลหะหรือแท่นคอนกรีต ชนิดและตำแหน่งของการหนุนเหล็กให้ใช้มาตรฐานของ ACI Manual of Standard Practice for Detailing Reinforced Concrete Structures. (ACI 315 57) เป็นหลักปฏิบัติ ต้องผูกเหล็กเสริมทั้งหมดที่จุดตัดและรอยต่อต่าง ๆ ด้วยลวดผูกเหล็กเบอร์ 18 ยกเว้นเหล็กเสริมด้านการยึดหด (Temperature reinforcement) ที่อนุญาตให้ผูกที่ระยะประมาณ 60 cm.

ความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริม (Concrete Covering) วัดจากผิวเหล็ก ความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริม ให้ทำตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง หรือต้องมีความหนาน้อยกว่า ดังต่อไปนี้

- สำหรับเหล็กเสริมทั่วๆ ไปต้องเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็ก หรือ ไม่น้อยกว่า

1.5 cm

- สำหรับปลายสุดของเหล็กเส้นตามแกนยาวต้องเท่ากับสองเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กหรืออย่างน้อย 2.5 cm - 4 cm

- สำหรับผิวคอนกรีตในน้ำ ตัดให้มีความหนาน้อย 5 cm

- สำหรับผิวคอนกรีตที่หล่อติดดินตัดให้มีความหนาน้อย 6 cm

- สำหรับเหล็กตามแกนยาวของคาน ตัดให้มีความหนาอย่างน้อย 2.5 cm. หรือเท่ากับ ขนาดใหญ่สุดของหินที่ใช้ผสมคอนกรีต

- สำหรับเหล็กตามแกนยาวในเสา ตัดให้มีความหนาอย่างน้อย 4 cm

มาตรฐานของอามาตรฐาน ว.ส.ท. ได้กำหนดเกี่ยวกับ “ของอามาตรฐาน”ไว้ดังนี้

- ส่วนที่งอเป็นครึ่งวงกลมโดยมีส่วนที่ยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย 4 เท่าขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กนั้นแต่ระยะที่ยื่นนี้ต้องไม่น้อยกว่า 6 cm

- ส่วนที่งอเป็นมุมฉากโดยมีส่วนที่ยื่นต่อออกไปถึงปลายสุดของเหล็กอีกอย่างน้อย 12 เท่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กนั้น

- สำหรับเหล็กถูกตั้งและเหล็กปลอกให้งอ 90 องศาหรือ 135 องศาโดยมีส่วนที่ยื่นถึง ปลายขของอีกอย่างน้อย 6 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กแต่ต้องไม่น้อยกว่า 6cmและต้องมีรัศมี วัดด้านในของเหล็กไม่สั้นกว่าหนึ่งเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กนั้น

- ของอามาตรฐานสามารถทนแรงดึงในเหล็กได้ถึง 700 kg/cm^2

การศึกษาเพื่อหาวิธีการตัดแบ่งเหล็กเส้นที่เหมาะสม สำหรับหลายโครงการก่อสร้าง ศึกษาการตัดเหล็กเส้นในงานก่อสร้าง(จักรพันธ์ , 2524) เสนอวิธีการรูปแบบการรวมโครงการตัด เหล็กเส้น 2 วิธีการ วิธีแรกพิจารณารูปแบบการรวมความต้องการเหล็กจากหลายโครงการก่อสร้าง ที่เหมาะสมเพื่อตัดร่วมกัน โดยพิจารณารอบการตัดให้เหมาะสมกับความต้องการใช้ พื้นที่และ ระยะเวลาในการเก็บรักษาก่อนใช้งาน วิธีที่สองตั้งสมมติฐานว่าปริมาณความต้องการและความ หลากหลายของเหล็กที่ต้องการในแต่ละโครงการมีมากพอที่จะไม่ทำให้เกิดเศษจากการตัดมาก ผล การทดสอบกับข้อมูลจากโครงการก่อสร้างจริงในเหล็กขนาด 12mm 16 mm และ 20mmพบว่าวิธีที่ 1 มีเศษเหล็กเกิดขึ้นเท่ากับ 6.23 % 0.25% และ 7.85% ตามลำดับ และวิธีที่ 2 มีเศษเหล็กเกิดขึ้น เท่ากับ 6.27 % 0.29% และ 7.94% ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าค่าการเพื่อความปลอดภัยมาตรฐานของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยสำหรับเหล็กทั้ง 3 ขนาด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9% 11% และ 13% ตามลำดับปริมาณการสูญเสียเหล็กรวมทั้งสองวิธีคือ 5.93% และ 6.0% ซึ่งน้อยกว่าความสูญเสียที่ เกิดขึ้นจริงในการทำงาน ซึ่งค่าการสูญเสีย 9.84% จะเห็นได้ว่าวิธีการทั้ง 2 วิธี สามารถลดการ สูญเสียเหล็กเส้นที่ใช้ในงานก่อสร้างได้มากกว่าวิธีการที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

2. การศึกษาข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคารสารสนเทศ (Building Information Modeling: BIM)

ข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคารสารสนเทศ เป็นเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทในวงการก่อสร้างโดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ไปจนถึงการก่อสร้างอาคาร ซึ่งปัจจุบันนี้ การออกแบบ การเขียนแบบ การคำนวณโครงสร้าง การประมาณราคา รวมไปถึงการวางแผนงานต่างๆของอาคาร เป็นการทำงานแบบแยกหน้าที่กัน ส่งผลให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่นการกระจายของข้อมูล เนื่องจากการออกแบบก่อสร้างอาคาร เป็นขบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกันหลายอาชีพ และหลายขั้นตอนการทำงานก่อสร้างโดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบสถาปัตยกรรม การออกแบบวิศวกรรมโครงสร้าง วิศวกรรมงานระบบอาคาร การเขียนแบบ การประมาณราคา การวางแผนงานก่อสร้าง การบริหารงานก่อสร้าง การควบคุมงาน ตลอดจนการบริหารอาคาร หากมีต้องมีการเชื่อมโยงข้อมูลกันได้ทั้งระบบในทุกหน้าที่ จะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพ รวดเร็วและช่วยลดการทำงานที่ซ้ำซ้อน ซึ่งเดิมการใช้ข้อมูล แต่การเชื่อมโยงผ่านระบบ BIM นั้นจะมีการเชื่อมโยงได้ทั้งพิกัด (Drawing) และข้อมูล (Database/attribute) เช่น ประตู ก็จะทราบถึงขนาดระยะประตู และ ทราบถึงวัสดุที่ใช้ สี ราคา ผู้ผลิต เป็นต้น

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (หรือ BIMs) คือ เทคโนโลยีแบบจำลองข้อมูล (Data Model) (Eastman et al. 2008) ที่นำมาใช้ในการจัดเก็บข้อมูลขององค์ประกอบอาคารและเพื่อเป็นการกำหนดความสัมพันธ์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือเพื่อช่วยให้สามารถวางแผนโครงการก่อสร้างและยังสามารถดำเนินการบริหารจัดการภายหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จ ได้จากการศึกษางานวิจัยมุ่งเน้นศึกษาแบบจำลองสารสนเทศอาคารในงานก่อสร้าง (A/E/C) เช่นการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบบริหารโครงการทางด้านวิศวกรรมโครงสร้างการนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาใช้ในการถอดปริมาณวัสดุการประมาณราคาและการบริหารโครงการก่อสร้าง

การพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร สามารถแบ่งกลุ่มออกได้เป็น 3 กลุ่มได้แก่ (1) แบบจำลองสารสนเทศอาคารในงานวิจัย (2) แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อการพาณิชย์และ (3) แบบจำลองสารสนเทศอาคารมาตรฐานรายละเอียดของแบบจำลองสารสนเทศอาคารแต่ละประเภทแสดงในหัวข้อย่อถัดไป

2.1 แบบจำลองสารสนเทศอาคารในงานวิจัย

แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อการสร้างแผนงานก่อสร้างประกอบด้วยคุณสมบัติเชิงเรขาคณิต 3 มิติ (3D Geometry) ตำแหน่งที่ตั้ง (Location) วัสดุ (Material) และด้านการบริหารงานก่อสร้าง (Construction Management) (Building Components) (Darwiche *et al.*, 1991; Winstanley *et al.*, 1993; Stumpf *et al.*, 1996; Aalami, 1998) นอกจากข้อมูลคุณสมบัติต่างๆ ขององค์ประกอบอาคารและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจะถูกกำหนดไว้อย่างชัดเจนในแบบจำลองเช่น ความสัมพันธ์ก่อนหลังของงานก่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแต่ละส่วนของอาคาร ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบอาคารและกิจกรรมก่อสร้าง

แบบจำลองข้อมูลอาคารเชิงวัตถุ (Object-Oriented Building Information Model) ใช้แสดงลักษณะ 3 มิติของอาคาร (Tantisevi and Akinci, 2008; 2009) โดยได้พัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารซึ่งสามารถแสดงแบบจำลองการเคลื่อนไหวของทาวเวอร์เครนในระหว่างการก่อสร้าง ทำให้การวางแผนการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรกลและวัสดุก่อสร้างในหน้างานทำได้สะดวกขึ้น

จากการศึกษาแบบจำลองสารสนเทศมีจุดเด่นด้านความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกิจกรรมการก่อสร้าง แต่ไม่สามารถอธิบายข้อมูลองค์ประกอบอาคารเชิงเลขาคณิตและข้อมูลคุณสมบัติของวัสดุที่มีความซับซ้อนได้

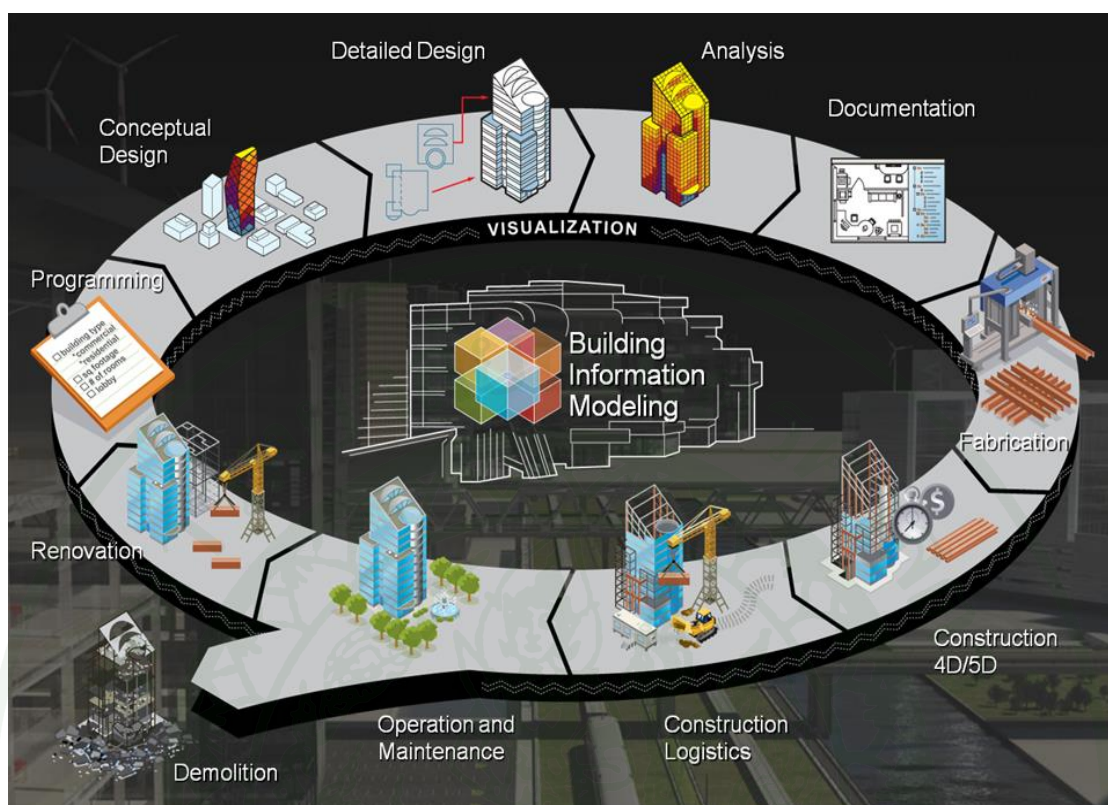
2.2 แบบจำลองสารสนเทศอาคารเชิงพาณิชย์

ผู้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่องานด้านวิศวกรรมเช่น Autodesk (2011); Bentley Systems Inc. (2009); Graphisoft (2011) ได้ทำการพัฒนา BIM สำหรับใช้ในการเขียนแบบทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมในลักษณะ 3 มิติโดยแบบจำลองเหล่านี้สามารถนำไปเชื่อมต่อกับแผนงานก่อสร้างและแสดงภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ (3D Animation) เพื่อให้สามารถแสดงความก้าวหน้าของโครงการก่อสร้าง แสดงระยะเวลาก่อสร้างของโครงการ โปรแกรมเขียนแบบและออกแบบเชิงพาณิชย์เหล่านี้มีจุดเด่นในการใช้งานโครงการที่มีความซับซ้อนและโปรแกรมเหล่านี้ยังมีส่วนต่อประสานโปรแกรม (Application Program Interface, API) เพื่อให้บุคคลภายนอกสามารถทำการพัฒนาโปรแกรมเสริม (Add-ons) เพื่อทำงานร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศในการถอดแบบประมาณราคา (Vico Software Inc., 2009) วิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน (Schlueter and Thesseling, 2009) และการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจก (Graphisoft, 2009)

โปรแกรมเสริมที่ใช้ในการวิเคราะห์พลังงานส่วนใหญ่ได้ถูกพัฒนาโดยผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ซึ่งมีแนวทางและขั้นตอนวิธีการคำนวณที่แตกต่างกันไป หากนำโปรแกรมเหล่านี้มาใช้สำหรับงาน A/E/C ในประเทศไทยจะต้องมีการดัดแปลงเพื่อให้เข้ากับมาตรฐานและข้อบังคับของประเทศ

2.3 แบบจำลองสารสนเทศอาคารมาตรฐาน

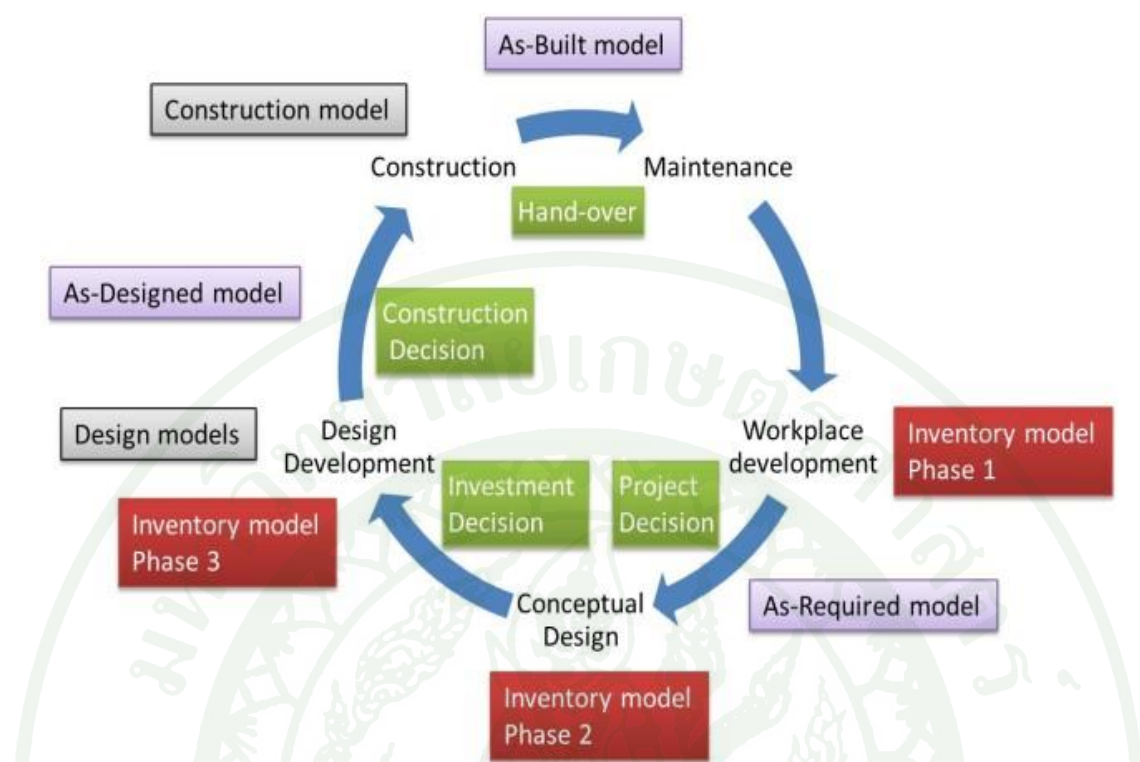
บริษัทผู้ผลิตโปรแกรมคอมพิวเตอร์สถาบันการศึกษาหน่วยงานวิจัยและผู้ประกอบการสำหรับงาน A/E/C และงาน F/M ได้ร่วมกันจัดตั้ง building SMART ซึ่งเดิมเรียกว่า International Alliance for Interoperability [IAI] เพื่อพัฒนาโครงสร้างมาตรฐานของแบบจำลองสารสนเทศอาคารซึ่งเรียกว่า Industry Foundation Class (IFC) (building SMART International, 2012) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการทำงานร่วมกันและแลกเปลี่ยนข้อมูลของอาคาร (Information Exchange) ระหว่างหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องเช่นสถาปนิกผู้รับเหมาบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาและเจ้าของโครงการซึ่งโดยปกติหน่วยงานเหล่านี้จะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่หลากหลายและมีโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลที่แตกต่างกันเนื่องจาก IFC ถือเป็นแบบจำลองมาตรฐานที่สามารถใช้งานร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางด้านวิศวกรรมได้จึงมีงานวิจัยที่ศึกษาแบบจำลอง IFC เพื่อนำไปใช้ในการบริหารจัดการโครงการในด้านต่างๆเช่นการเก็บบันทึกข้อมูลโครงการเพื่อใช้ในการประมาณการอัตราการผลิตที่หน้างาน (Kiziltas, 2008), การประเมินคุณสมบัติรวมของอาคาร (Building Performances) (Fazio *et al.*, 2007) เป็นต้นอย่างไรก็ตามในปัจจุบันโครงสร้างของ IFC มีความซับซ้อนขึ้นอย่างมากเนื่องจาก IFC ได้ถูกพัฒนาเพื่อใช้เป็นแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาตรฐานที่ต้องสามารถตอบสนองความต้องการใช้ข้อมูลในลักษณะใช้งานต่างๆได้



ภาพที่ 5 องค์ประกอบข้อมูลสารสนเทศอาคาร

ที่มา: Kristin (2014)

BIM (Building Information Modeling) สามารถช่วยในการจัดทำเอกสารรายงาน และ ข้อมูลต่างๆ ของอาคารได้และสามารถลดความผิดพลาดที่เกิดจากผู้ปฏิบัติงาน การเขียนแบบในปัจจุบันยังนิยมใช้การเขียนแบบสองมิติ ด้วยโปรแกรมเขียนแบบ เช่น โปรแกรมออโต้แคด (AutoCad) ด้วยพื้นฐานทฤษฎี การโปรเจกต์เส้น เช่น การเขียนรูปด้านโดยการลากเส้นจากแปลนไปเขียนรูปด้าน หรือรูปตัด ซึ่งขั้นตอนนี้ทำให้เกิดปัญหาความผิดพลาดของข้อมูลได้ง่าย หากต้องการแก้ไขส่วนใดส่วนหนึ่งจะต้องทำการแก้ไขส่วนที่เกี่ยวข้องทั้งหมดด้วย หากลืมหักไขในส่วนที่เกี่ยวข้องจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ การนำ BIM มาใช้ก็คล้ายกับการตัดโมเดล ในคอมพิวเตอร์ แต่จะได้ข้อมูลที่สมจริงและ สามารถควบคุม และเข้าถึงข้อมูลรายละเอียดต่างๆ และช่วยลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากผู้ใช้งานเองด้วย



ภาพที่ 6 ประโยชน์และความสัมพันธ์ของข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

ที่มา: David (2014)

ประโยชน์ของข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

1. เกิดความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการดำเนินงาน โดยสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลได้สะดวกต่อการแก้ไขข้อมูล
2. มีการวิเคราะห์ที่ตัวอาคารช่วยให้การออกแบบที่ดีขึ้นและมีประสิทธิภาพ และยังสามารถสร้างแบบจำลองสะดวกต่อการทำงาน
3. มีการนำข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมมาใช้มากขึ้น ทำให้สามารถคาดการณ์ค่าใช้จ่ายในโครงการทั้งหมดและค่าใช้จ่ายทางด้านการดำเนินการ
4. สามารถสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพ เนื่องจากการวางแผนที่ดีขึ้น

5. สามารถจำลองการประกอบโครงสร้างหรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้
6. สามารถจัดทำแผนงานที่ง่ายต่อความเข้าใจและมีความถูกต้องแม่นยำ
7. จากข้อมูลแบบจำลองทำให้สามารถบริหารจัดการสถานที่ก่อสร้างได้

ข้อควรระวังของการเลือกใช้ BIM คือ ไม่สามารถทำในสิ่งที่ธรรมชาติของรูปทรงเลขาคณิตทำไม่ได้ เช่น ถ้าจะออกแบบอาคารรูปทรงแปลกๆ ผู้ใช้งานก็ต้องมีความรู้ ความเข้าใจเรื่องจากรูปทรงมากพอ

3. การศึกษาอัลกอริทึมและการเขียนโปรแกรม (Algorithm and Programming)

ความเป็นมาและความหมายของอัลกอริทึม

อัลกอริทึม คือ กระบวนการ ทำงานที่มีการตัดสินใจ โดยนำหลักเหตุผลและคณิตศาสตร์มาช่วยเลือกวิธีการหรือขั้นตอนการดำเนินงานต่อไป (สุดาทิพย์, 2556) จนกระทั่งจบกระบวนการทำงาน เป็นวิธีการที่ใช้แยกย่อยและเรียงลำดับขั้นตอนของกระบวนการในการทำงานต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาและแก้ไขปัญหาและช่วยในการแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนหรือมีข้อมูลจำนวนมาก

ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นแนวคิดอย่างเป็นระบบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ แต่ในด้านคอมพิวเตอร์นั้นจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้คำสั่งต่างๆ เพิ่มเติมเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามความต้องการหรือแก้ปัญหาใด ๆ ดังนั้นหากออกแบบอัลกอริทึมได้ดี เมื่อนำไปเขียนโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ใด ๆ ก็จะได้ผลลัพธ์ตามความต้องการโดยทั่วไปแล้วในชีวิตประจำวันของมนุษย์ทั้งในการทำงานและการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์หรือไม่ก็ตามมักจะเกี่ยวข้องกับอัลกอริทึมอยู่แล้วยกตัวอย่างเช่น ขั้นตอนการทำงานบัญชี วิธีการรักษาพยาบาล ขั้นตอนการประกอบอาหาร เป็นต้น ซึ่งอธิบายขั้นตอนต่างๆ ด้วยภาษาที่อ่านแล้วเข้าใจง่าย

ความเป็นมาของอัลกอริทึม คำว่า Algorithm มาจากชื่อของอะบูอับดุลลาห์ บิน มุซา อัลคอวาริซมี (Abu Abdillah Muhammad bin Musa al-Khawarizmi) นักคณิตศาสตร์ชาวเปอร์เซียในยุคศตวรรษที่ 9 โดยคำว่า al-Khawarizmi ได้เขียนเป็น Algoritmi เมื่อผลงานเขียนของอะบูอับดุลลาห์ได้ถูกแปลเป็นภาษาละติน จึงกลายเป็น Algorithm อัลกอริทึม เพื่อให้มีความหมายว่า กฎที่ใช้ในการคิดคำนวณเลขคณิต และในช่วงศตวรรษที่ 18. ได้เป็นคำว่าขั้นตอนวิธีต่อมา ในปัจจุบัน คำนี้มีความหมายที่กว้างขึ้น หมายรวมถึง ขั้นตอนวิธีการในการแก้ปัญหาต่างๆ อัลกอริทึมแรกสำหรับคอมพิวเตอร์ได้ถูกเขียน เขียนขึ้น ใน notes on the analytical engine (เอดา 1842) โดยนักพัฒนาโปรแกรมชื่อเอดา ไบรอน ในปี 1842 ซึ่งถือว่าเป็นโปรแกรมเมอร์คนแรกของโลก แต่เนื่องจากชาร์ลส แบบเบจ ไม่ได้สร้าง analytical engine จนเสร็จ ขั้นตอนวิธีของเอดานั้นจึงไม่ได้มีการใช้จริง ถึงแม้ว่าขั้นตอนวิธีนั้นเป็น ขั้นตอนวิธี การแก้ปัญหา ที่ถูกระบุไว้อย่างชัดเจน แต่ก็ยังขาดรูปแบบการวิเคราะห์ในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ชัดเจน ปัญหาในทางขั้นตอนวิธีนี้โดยส่วนมากจึงมักจะถูกวิเคราะห์โดยใช้ เครื่องจักรทัวริง ซึ่งเป็นแบบจำลองนามธรรมของคอมพิวเตอร์ คิดค้นขึ้นโดย แอลัน ทัวริง ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการจำลองการทำงานของขั้นตอนวิธีใดๆ

ประโยชน์ของอัลกอริทึมคือ ทำให้ไม่เกิดความสับสนกับวิธีดำเนินงาน เพราะทุกอย่างจะถูกจัดเรียงเป็นขั้นตอนมีวิธีการและทางเลือกไว้ เพื่อให้สามารถนำมาใช้ทำงานหรือกิจกรรมใดได้สำเร็จอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดปัญหาลดลงและยังสามารถทำให้การค้นหาค้นหาของปัญหาได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากกระบวนการถูกแยกแยะกิจกรรม ขั้นตอน และความสัมพันธ์ ออกมาได้อย่างชัดเจน

อัลกอริทึมมีอยู่หลากหลายประเภทหลากหลายวิธีเช่น อัลกอริทึมการแบ่งแยกและเอาชนะ อัลกอริทึมการวิเคราะห์เชิงเส้นกำกับอัลกอริทึม อัลกอริทึมแบบละโมบเป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาโดยอัลกอริทึมแบบละโมบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความเหมาะสม จากข้อมูลที่มีจำนวนมาก

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมอยู่ 2 ส่วน ประกอบด้วยอัลกอริทึมการจัดเรียงสับเปลี่ยนกรณี (Combination) และอัลกอริทึมเกี่ยวกับการแก้ปัญหาแบบเหมาะสม (Optimization Problem)

3.1 การศึกษาอัลกอริทึมการจัดเรียงสับเปลี่ยนและจัดหมู่

วิธีเรียงสับเปลี่ยนและจัดหมู่ (Permutation and Combination)

การศึกษาอัลกอริทึมการการจัดเรียงสับเปลี่ยนกรณีทางเลือกการออกแบบ (Design Option) จากแบบจำลองสารสนเทศศาการมาทำการจัดเรียงสับเปลี่ยน (Combination) โดยใช้หลักการหาผลคูณแบบคาร์ทีเซียน (Cartesian product) มาสร้างกรณีการสับเปลี่ยนใช้หลักเสริมเพื่อที่จะนำทางเลือกทุกกรณีที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งหมดมาทำการจัดเรียงแผนการตัดเหล็กจากการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมในส่วนที่สอง

ความหมายดั้งเดิมของการเรียงสับเปลี่ยนที่ใช้ในทฤษฎีคณิตศาสตร์เชิงการจัดก็ยังคงมีอยู่ นั่นคือการเรียงสับเปลี่ยนหมายถึงลำดับเช่นนั้น โดยที่สมาชิกของเซตแต่ละตัวปรากฏอย่างมาแค่หนึ่งครั้ง แต่ไม่ใช่สมาชิกทุกตัวในเซตที่นำมาใช้สำหรับอีกแนวความคิดหนึ่งที่เกี่ยวข้องในการเรียงลำดับของสมาชิกที่ถูกเลือก ซึ่งการเรียงลำดับไม่มีความสำคัญ

การเรียงสับเปลี่ยน เป็นการทำให้เข้าใจว่า ลำดับ ที่ประกอบด้วยสมาชิกจากเซตจำกัด และแต่ละตัวมีเพียงตัวเดียว แนวคิดของลำดับนั้นแตกต่างจากแนวคิดของเซต นั่นคือสมาชิกของลำดับจะปรากฏโดยลำดับอย่างหนึ่ง ซึ่งมีสมาชิกตัวที่หนึ่ง ตัวที่สอง ฯลฯ ต่างกับสมาชิกของเซตซึ่งไม่มีการเรียงลำดับ เช่น $\{N, K, L\}$ กับ $\{L, N, K\}$ ก็ถือว่าเป็นเซตเดียวกัน

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงเฉพาะตามแนวคิดดั้งเดิมในทฤษฎีคณิตศาสตร์เชิงการจัดเท่านั้น นั่นคือการเรียงสับเปลี่ยนคือลำดับที่มีการจัดอันดับ ของสมาชิกที่ถูกเลือกจากเซตจำกัดโดยไม่มีการเลือกซ้ำ

ถ้ากำหนดให้ตัวแปร n แทนขนาดของเซต หรือคือจำนวนสมาชิกที่มีในเซต โอกาสการเรียงสับเปลี่ยนที่สามารถเป็นไปได้คือ "ใช้สมาชิกทั้งหมดทุกตัว" ในครั้งแรกจะมีตัวเลือกทั้งหมด n จำนวนสำหรับสมาชิกของลำดับที่หนึ่ง และเมื่อสมาชิกตัวที่หนึ่งถูกเลือกไปแล้ว จะเหลือจำนวนสมาชิกเท่ากับ $n - 1$ ตัวสำหรับลำดับที่ 2 เมื่อสมาชิกถูกเลือกไปแล้วสองตัว การเรียงสับเปลี่ยนจึงสามารถเป็นไปได้ คือ

$$n \times (n - 1) \text{ วิธี}$$

สมาชิกตัวถัดไปของลำดับที่สามารถเลือกได้คือ $n - 2$ วิธี, $n - 3$ วิธี ฯลฯ อย่างนี้ต่อไป จนกระทั่งเหลือสมาชิกตัวสุดท้ายในเซตเพียงตัวเดียว โอกาสการเรียงสับเปลี่ยนที่ใช้สมาชิกจำนวนทั้งหมดที่เป็นไปได้จึงเท่ากับ

$$n \times (n - 1) \times (n - 2) \times \dots \times 2 \times 1 = n! \text{ วิธี}$$

โดยสัญลักษณ์ " $!$ " คือแฟกทอเรียล

ในกรณีที่มีการเรียงสับเปลี่ยนไม่ได้ใช้สมาชิกทุกตัวในเซต กำหนดให้ r เป็นจำนวนสมาชิกที่ถูกเลือกจากเซต ($0 \leq r \leq n$) จำนวนตัวเลือกในการเรียงสับเปลี่ยนที่เป็นไปได้ จึงหยุดลงเมื่อได้สมาชิกครบ r ตัว ดังนี้

$$n \times (n - 1) \times (n - 2) \times \dots \times (n - r + 1) \text{ วิธี}$$

จำนวนที่หายไปคือ $(n - r) \times (n - r - 1) \times \dots \times 2 \times 1 = (n - r)!$ นั่นคือเราต้องเอาจำนวนนี้ไปหารออกจาก $n!$ จึงจะได้จำนวนวิธีที่เหลือ ด้วยเหตุผลว่า $0! = 1$ เนื่องจาก $0!$ คือผลคูณว่างซึ่งจะเท่ากับ 1 เสมอ

แฟกทอเรียล (Factorial)

เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวกค่าหนึ่ง (สัญลักษณ์ $n!$ อ่านว่าแฟกทอเรียล) n มีความหมายดังนี้ $n! = n(n-1)(n-2)(n-3)\dots 3.2.1$

ในกรณีที่ $n = 0$ หมายความว่า $0! = 1$

หลักเกี่ยวกับการนับ

ทฤษฎีบทเกี่ยวกับการนับ คือเมื่อทำกิจการอย่างหนึ่งจะมีขั้นตอนปฏิบัติอยู่ k ขั้นตอน โดยขั้นตอนที่ 1 สามารถเลือกได้ n_1 วิธีขั้นตอนที่ 2 สามารถเลือกได้ n_2 วิธีขั้นตอนที่ 3 สามารถเลือกได้ n_3 วิธีเป็นเช่นนี้ต่อไปจนถึงขั้นตอนที่ k ซึ่งเลือกทำได้ n_k วิธี

ผลคูณคาร์ทีเซียน (Cartesian product)

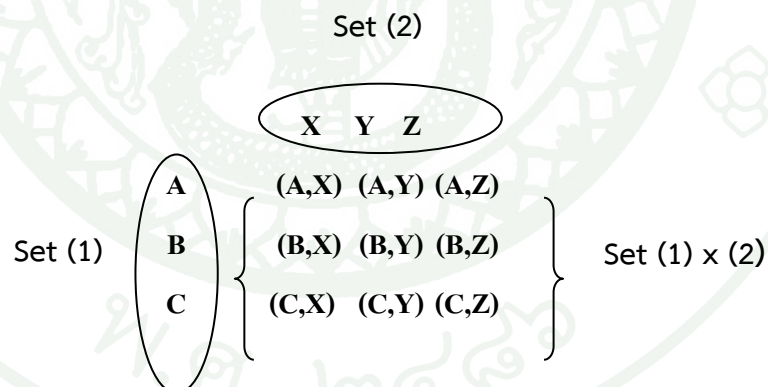
คือการดำเนินการทางทฤษฎีคณิตศาสตร์ซึ่งจะดำเนินการกับเซตหลายเซตได้ผลเป็นเซต หรือเรียกว่า เซตผลคูณ เช่น เซต A และ เซต B มีผลคูณคาร์ทีเซียน $A \times B$ คือ เซตของทุกคู่

อันดับ (a, b) ที่ $a \in A$ และ $b \in B$

จัตุรัสคาร์ทีเซียน คือการดำเนินการกับเซตสองเซตได้เซตหนึ่งเซต ซึ่งสามารถสร้างตารางได้โดยการหาผลคูณคาร์ทีเซียนของ เซตของแถว กับ เซตของหลัก ถ้าหาผลคูณคาร์ทีเซียนแถว $\times$ หลัก เซลล์ของตารางจะประกอบด้วยคู่อันดับในรูปแบบ (ค่าของแถว, ค่าของหลัก)

ผลคูณคาร์ทีเซียนของเซตจำนวน n เซตสามารถแสดงในรูป n มิติ โดยที่สมาชิกของแต่ละตัวจะเท่ากับค่าของสมาชิกของแต่ละเซตที่นำมาหาผลคูณคาร์ทีเซียน

ผลคูณคาร์ทีเซียนตั้งชื่อตามแนวคิดของ เรอเน เดการ์ต ผู้ริเริ่มทฤษฎีเรขาคณิตวิเคราะห์



ภาพที่ 7 ผลคูณคาร์ทีเซียน

จากทฤษฎีเรขาคณิตวิเคราะห์คือระบบพิกัดคาร์ทีเซียน ระบบพิกัดคาร์ทีเซียนเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการหาผลคูณคาร์ทีเซียนของเซตสองเซต X และ เซต Y ที่หมายถึงจุดบนแกน x และแกน y ตามลำดับ สามารถเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $X \times Y$ ผลคูณนี้เป็นเซตของคู่อันดับทั้งหมดที่เป็นไปได้ แต่ละคู่อันดับมีสมาชิกอันดับที่หนึ่งเป็นสมาชิกของ X และสมาชิกอันดับที่สองเป็นสมาชิกของ Y แต่ละคู่อันดับจะประกอบเป็นระนาบ x-y ทั้งระนาบ หากผลคูณคาร์ทีเซียนเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $Y \times X$ โดยสมาชิกของผลคูณนี้มีสมาชิกอันดับที่หนึ่งจากเซต Y และ

สมาชิกอันดับที่สองเป็นเซต X ผลคูณคาร์ทีเซียนจะไม่มีสมบัติการสลับที่

การประยุกต์ใช้ในทฤษฎีเซต

นิยามของผลคูณคาร์ทีเซียนตามหลักการของทฤษฎีเซตเป็นผลของนิยามของกลุ่มอันดับ ดังนั้น $(x,y)=\{\{x\},\{x,y\}\}$ ข้อสังเกตภายใต้นิยามนี้ $X \times Y \subseteq P(P(X \cup Y))$ โดย P เป็น เพาเวอร์เซต ดังนั้น การมีอยู่ของผลคูณคาร์ทีเซียนของสองเซตใดๆ ใน ZFC เป็นผลจากสัจพจน์แห่งการจับคู่ ยูเนียน เพาเวอร์เซต และการเจาะจง เพราะฟังก์ชัน นิยามเป็นกรณีพิเศษของ ความสัมพันธ์ และความสัมพันธ์นิยามเป็นสับเซตของผลคูณคาร์ทีเซียน นิยามของผลคูณคาร์ทีเซียนของเซตสองเซต สำคัญมากกว่านิยามอื่นๆ เป็นส่วนใหญ่

3.2 การศึกษาอัลกอริทึมการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและประยุกต์ใช้อัลกอริทึมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือการศึกษา และประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการสร้างกรณีทางเลือกการออกแบบด้วยทฤษฎีการจัดเรียงสับเปลี่ยน แบบผลคูณคาร์ทีเซียน(Cartesian product) และการศึกษาและการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Problem)

3.2.1 การศึกษาและประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการสร้างกรณีทางเลือกการออกแบบด้วย ทฤษฎีการจัดเรียงสับเปลี่ยนแบบผลคูณคาร์ทีเซียน (Cartesian product)

3.2.2 การศึกษาและการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่ เหมาะสมที่สุด (Optimization Problem)

ก. อัลกอริทึมแบบละโมภ (Greedy algorithm)

เป็นอัลกอริทึมที่มีวิธีการแก้ไขปัญหาใดๆ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของการ แก้ไขปัญหาให้เหมาะสมที่สุด (Optimization problems) เป็นรูปแบบอัลกอริทึมที่จะเลือกพิจารณา คำตอบที่ดีที่สุดและคุ่มค่าที่สุดในการแก้ไขปัญหาต่างๆ (สมชาย 2544) มาจากลำดับของการ ตัดสินใจ โดยที่การตัดสินใจหนึ่งๆ นั้นตั้งอยู่บนคำตอบย่อยๆ ของปัญหาที่มีขนาดเล็กกว่า นั่นคือ ต้องหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาลึก ๆ ครอบทั้งหมดก่อน แล้วจึงนำคำตอบมาใช้หาพิจารณาหา คำตอบดีที่สุดของปัญหาที่ใหญ่ขึ้น เช่นปัญหาการทอนเหรียญ

อัลกอริทึมแบบละโมบ (Greedy algorithm) เป็นอีกขั้นตอนวิธีที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุด โดยคำตอบของปัญหาได้มาจากลำดับของการตัดสินใจแบบละโมบ ด้วยการใช้เกณฑ์บางอย่างที่ให้ผลดีที่สุดจากข้อมูลปัญหานั้นๆ ข้อดีคือมีการทำงานที่รวดเร็ว แต่บางครั้งอาจจะไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุดอย่างที่ต้องการ อย่างไรก็ตาม มีหลายปัญหาที่สามารถพิสูจน์ได้ว่า การทำงานแบบละโมบนั่นก็ได้คำตอบที่ดีที่สุดได้ ในเวลาอันรวดเร็ว

ข. แบบจำลองกระเป๋าสะพาย (Knapsack Model)

ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาลักษณะนี้เป็นวิธีการตัดสินใจประเภทหนึ่งซึ่งมีที่มาจากการพิจารณาปัญหาของโจรที่เข้าไปขโมยของที่บ้านเศรษฐีโดยมีถุงใส่ของ (Knapsack) 1 ใบภายในบ้านที่มีสิ่งของมีค่ามากมายแต่โจรสามารถหยิบสิ่งของภายในบ้านได้จำนวนจำกัด โดยขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่โจรสามารถแบกได้และขนาดของถุงที่โจรนำมาด้วย ดังนั้นปัญหาการตัดสินใจจึงเกิดขึ้นเมื่อโจรต้องการให้จำนวนสิ่งของที่ขโมยมาทั้งหมดในถุงมีมูลค่ามากที่สุด ถ้าสิ่งของมีจำนวนไม่มากนักเราสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ของปัญหานี้ได้โดยง่ายนั่นคือเราสามารถสร้างทางเลือกของคำตอบที่มีโอกาสเป็นไปได้ทั้งหมดจำนวนหนึ่งแล้วเลือกคำตอบที่ไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขที่มีค่าที่สุด แต่หากเมื่อสิ่งของมีจำนวนมากขึ้นคำตอบที่เป็นไปได้จะเพิ่มขึ้นเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential growth) ซึ่งทำให้ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ภายในเวลาที่จำกัดได้ดังนั้นเราจึงต้องใช้วิธีการที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติคือการหาคำตอบโดยการประมาณค่าหรือให้ค่าใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด

การจัดการตัดแบ่งหลักเส้นโดยปัญหาการตัดแบ่งแบบหนึ่งมิติ

การตัดแบ่งหลักเส้นในงานก่อสร้างเป็นลักษณะของปัญหาการตัดแบบหนึ่งมิติ (One-Dimension Cut) ปัญหาในลักษณะนี้มีรูปแบบที่ซับซ้อนและเป็นปัญหาการตัดสินใจที่ไม่สามารถหาวิธีการหรืออัลกอริทึม (Algorithm) ที่อัตราเพิ่มของเวลาในการหาคำตอบเป็นแบบโพลิโนเมียล (Non-deterministic Polynomial time algorithm: NP) ทำให้การหาคำตอบต้องหาโดยวิธีประมาณค่าหรือวิธีทางฮิวริสติก (Heuristic methods) ถ้าต้องการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimum solution)

จะต้องใช้วิธีการตรวจสอบวิธีการหรือคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดเพื่อหาคำตอบหรือวิธีการที่ดีที่สุดซึ่งวิธีการนี้จะใช้ได้กับปัญหามิติขนาดเล็กเท่านั้นหากใช้วิธีการนี้กับปัญหามิติใหญ่

จะต้องใช้เวลาในการคำนวณที่นานมากในอดีตถึงปัจจุบันจึงมีผู้ที่เสนอแนวคิดในการแก้ไขปัญหาวិธีการตัดแบ่งแบบหนึ่งมิติเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น

3.3 การเขียนผังลำดับงานหรือโฟลว์ชาร์ต (Flow Chart)

โฟลว์ชาร์ต หมายถึง ผังแสดงขั้นตอนและลำดับการทำงานต่าง ๆ นิยมใช้ทั้งในการอธิบายลำดับแผนงานทั่วไปและใช้สำหรับอธิบายการทำงานสำหรับการเขียนโปรแกรม โดยการแสดงในรูปแบบของสัญลักษณ์แทนการทำงานและวิธีการออกแบบโปรแกรมอย่างเป็นขั้นตอนโดยการใช้สัญลักษณ์และตัวอักษรประกอบในการอธิบายแต่ละขั้นตอนวิธีโดยทั่วไปแล้วผังงานทางคอมพิวเตอร์สามารถแบ่งออกเป็นประเภทได้ 3 ประเภท ได้แก่

3.3.1 โฟลว์ชาร์ตระบบ (System Flow Chart) คือ ผังลำดับงานแสดงขั้นตอนการทำงานทั้งหมดในโฟลว์ชาร์ตระบบ จะแสดงระบบงานภายในของระบบหนึ่ง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานทั้งหมด ทั้งวัสดุเครื่องจักรโปรแกรมและ บุคลากร โดยมีจุดมุ่งหมายของการใช้ผังงานระบบนี้ เพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ของระบบงานทั้งหมดแสดงถึงภาพรวมของระบบตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้นการทำงานจนถึงขั้นตอนสุดท้าย และอธิบายขั้นตอนวิธีการทำงาน ซึ่งจะทำให้ผู้ที่ดูผังงานระบบแบบนี้ได้ทราบถึงความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆของระบบการทำงาน

3.3.2 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมโมดูล (Modular Program Flow chart) คือ ผังงานที่จัดทำขึ้นโดยแบ่งระบบการทำงานออกเป็น ส่วน ๆ เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจในแต่ละส่วนของระบบให้มากขึ้น โดยผังงานโปรแกรมโมดูลนี้จะแสดงเพียงส่วน โมดูลนั้นๆ โดยบอกขั้นตอนวิธีการในการทำงาน

ตารางที่ 3 แสดงสัญลักษณ์ในการเขียนผังงานลำดับขั้นตอน (Flow Chart)

สัญลักษณ์	ความหมายสัญลักษณ์ในการใช้งานในผังงาน
 Terminator	จุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดของโปรแกรม
 Process	การประมวลผลหรือการคำนวณของโปรแกรม
 Data	รับข้อมูลเข้ามาในโปรแกรม หรือส่งค่าออกไปจากโปรแกรม
 Decision	ตรวจสอบเงื่อนไข แล้วเลือกการทำงานของโปรแกรม
 Document	แสดงผลออกทางเอกสาร
 On-page reference	จุดเชื่อมต่อหลายเส้นทางของโปรแกรมให้เหลือการเข้ามาเพียงเส้นทางเดียว
 Off-page reference	ขึ้นหน้าใหม่ในกรณีที่ผังงานมีความยาวเกินกว่าที่จะแสดงพอในหนึ่งหน้า
	ลูกศรแสดงทิศทางการทำงานของโปรแกรมและข้อมูล

ที่มา: สมชาย (2544)

3.2.3 โฟลว์ชาร์ตการเขียนโปรแกรม (Programming Flow chart) หรือโดยทั่วไปนิยมเรียกกันสั้น ๆ ว่า Flow chart ฟังก์ชันประเภทนี้เป็นฟังก์ชันที่แสดงลำดับขั้นตอนวิธีการ การทำงานอย่างละเอียดในโมดูลนั้นๆ โดยจะนำเอาส่วนจากฟังก์ชันโปรแกรมโมดูลมาเขียนรวมกันเป็นฟังก์ชัน โดยจะแสดงรายละเอียดของขั้นตอนวิธีการทำงานอย่างชัดเจน โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนของการรับข้อมูลเข้า การคำนวณ การประมวลผลและการแสดงผลลัพธ์

3.4 หลักการเขียนโปรแกรม

การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (อังกฤษ: Computer programming) หรือโดยทั่วไปนิยมเรียกสั้นๆ ว่า การเขียนโปรแกรม หรือ การเขียนโค้ด (Coding) เป็นขั้นตอนการเขียน ทดสอบ และดูแลซอร์สโค้ดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยซอร์สโค้ดนั้นจะต้องเขียนด้วยภาษาโปรแกรม ในขั้นตอนการเขียนโปรแกรมนี้อาจจำเป็นต้องมีองค์ความรู้ในหลายๆ ด้าน เกี่ยวกับโปรแกรมที่ต้องการจะเขียน และขั้นตอนวิธีที่จะใช้ สำหรับโปรแกรมในวิศวกรรมซอฟต์แวร์ การเขียนโปรแกรมถือว่าเป็นขั้นหนึ่งในวงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์ การเขียนโปรแกรมถือว่าเป็นการผสมผสานกันระหว่างศาสตร์ของ ศิลปะ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ วิศวกรรม เข้าด้วยกัน

ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักเกณฑ์ของภาษาโปรแกรมนั้นๆ และระบบการทำงานของคอมพิวเตอร์ ว่ามีโครงสร้างและวิธีการใช้คำสั่งอย่างไร โดยในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีหลักเกณฑ์การเขียนโปรแกรมประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้คือ

1. ต้องทำความเข้าใจปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา
2. ทำการกำหนดแผนเพื่อการแก้ปัญหาเหล่านั้น
3. เขียนโปรแกรมตามแผนที่กำหนดขึ้น ด้วยหลักเกณฑ์ของภาษาโปรแกรมนั้นๆ
4. ทำการทดสอบและตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม
5. นำโปรแกรมที่ผ่านการทดสอบแล้วไปใช้งาน

การเขียนโปรแกรมด้วย ซอร์สโค้ดของโปรแกรมนั้นๆ โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปแบบของข้อความธรรมดา ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ต้องทำการคอมไพล์ซอร์สโค้ดนั้นก่อนให้เป็นภาษาเครื่อง (Machine Language) จึงจะได้เป็นโปรแกรมที่สามารถใช้งาน

ภาษาเขียนโปรแกรมทุกภาษาจะมีลักษณะหรือรูปแบบการเขียน (Coding) ที่แตกต่างกัน ในการเลือกใช้ภาษาโปรแกรมหรือภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาพัฒนาโปรแกรมนั้นขึ้นอยู่กับ เช่น ความเหมาะสมของโปรแกรมกับลักษณะงานที่จะถูกนำไปใช้, ความสามารถเข้ากันได้กับโปรแกรมอื่น ๆ, หรืออาจเป็นความถนัดของแต่ละบุคคล ภาษาเขียนโปรแกรมที่มีแนวโน้มในการนำมาเขียนมักเป็นภาษาที่มีบุคคลากรที่สามารถเขียนได้ หรือหากมีความจำเป็นที่จะต้องเลือกใช้ภาษาอื่น เพื่อต้องการเน้นประสิทธิภาพในการทำงานของโปรแกรม ก็จำเป็นต้องมีนักพัฒนาโปรแกรมที่มีความรู้ความเข้าใจในภาษาโปรแกรมที่ต้องการพัฒนา และต้องมีคอมไพเลอร์ที่รองรับภาษาเหล่านั้นด้วย

โปรแกรมคำสั่ง (Programming Language) โดยทั่วไปหมายถึงชุดของคำสั่งจำนวนหนึ่งที่ถูกจัดเป็นลำดับขั้นตอนวิธีการปฏิบัติงานเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการชุดคำสั่งเหล่านั้นจะถูกเขียนในรูปแบบตามข้อกำหนดหรือหลักเกณฑ์ของภาษานั้นๆ ในการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการแก้ไขปัญหาต่างๆ โปรแกรมคำสั่งจะถูกเขียนและป้อนให้แก่ คอมพิวเตอร์เพื่อบอกลำดับขั้นตอนการทำงานให้คอมพิวเตอร์ปฏิบัติ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการเขียน ดังต่อไปนี้

1. ต้องทราบความต้องการของปัญหา ในขั้นตอนวิธีการจะมีส่วนที่เกี่ยวข้องที่สำคัญ 2 ประการคือ

1.1 ผลที่ต้องการ (output) และ มีรูปแบบที่ต้องการอย่างไร

1.2 หรือข้อมูลที่โปรแกรมต้องการ (input)

2. มีการวางแผนและกำหนดวิธีการที่เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหา นั้น โดยอาจทำการกำหนดมาเป็นรูปแบบ อัลกอริทึม หรือรูปแบบ โฟลว์ชาร์ต

3. ทำการแปลง Algorithm หรือ Flowchart ให้เป็นโปรแกรมภาษาที่เหมาะสมเครื่องมือที่ใช้

4. สอบทวนหรือพิสูจน์ความถูกต้องของโปรแกรม (Verification)

5. ใช้ข้อมูลจริงในการทดลองและวิเคราะห์ผล

ภาษาวิชวลเบสิก (Visual Basic) หรือ VB เป็นภาษาโปรแกรมแบบ Graphical User Interface หรือส่วนประสานด้านกราฟิกกับผู้ใช้งานสร้างโดยบริษัทไมโครซอฟท์ ภาษานี้เป็นหนึ่งในภาษาโปรแกรมที่มีความนิยมสำหรับการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในด้านธุรกิจ

ปัจจุบันภาษาวิชวลเบสิก และยังได้ทั้งการพัฒนาต่อเป็นภาษาวิชวลเบสิกคอตเน็ต อีกด้วย วิชวลเบสิกสนับสนุน Rapid Application Development (RAD) หรือ ขบวนการพัฒนาระบบ ซอฟต์แวร์ ด้วยความรวดเร็วและตรงความต้องการทั้งด้านการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์แบบ graphical user interface (GUI), จุดเด่นของวิชวลเบสิกคือผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถนำโปรแกรมประยุกต์อื่นๆ มารวมเข้าด้วยกันในโปรแกรมเดียว และสามารถประยุกต์ใช้องค์ประกอบ (Component) ของวิชวลเบสิกที่มีการเตรียมไว้แล้วได้อีกด้วย

ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (Graphical User Interface, GUI อ่านว่า จียูไอ หรือ กูอี้) เป็นวิธีการใช้งานคอมพิวเตอร์ผ่านทางสัญลักษณ์และภาพนอกเหนือจากทางตัวอักษร จียูไอมีสองส่วนประกอบต่างๆ เช่น ไอคอน หน้าต่างการใช้งาน เมนู ปุ่มเลือก และการใช้เมาส์ หรือแม้แต่ในระบบทัชสกรีน

ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้พัฒนาขึ้นโดย ดัก เอนเกลบาร์ต (Doug Engelbart) และคณะนักวิจัยจากสถาบันวิจัยสแตนฟอร์ด นำมาใช้งานร่วมกับไฮเปอร์ลิงก์และเมาส์ ซึ่งภายหลังได้นำมาวิจัยต่อที่ศูนย์วิจัยซีร็อกซ์พาร์ค (Xerox PARC) โดยการใช้งานระบบกราฟิกแทนที่ระบบตัวอักษร หรือเรียกระบบนี้ว่า PARC User Interface (PUI) เมื่อคริสต์ทศวรรษที่ 1970 บริษัทแอปเปิล คอมพิวเตอร์ ได้นำมาใช้งานกับเครื่องแมคอินทอช (Macintosh) โดยภายหลังทางไมโครซอฟท์ได้นำความคิดมาใช้กับระบบปฏิบัติการ ในการพิมพ์ชุดคำสั่งที่ใช้ในระบบคอสหรือยูนิกซ์ ซึ่งเป็นส่วนต่อประสานผู้ใช้แบบข้อความ (Text user interface) หรือจะเรียกว่า ส่วนต่อประสานแบบชุดคำสั่ง (Command Line Interfaces, CLI) ในการใช้งานผู้ใช้งานต้องพิมพ์คำสั่งผ่านทางคีย์บอร์ด โดยคำสั่งเฉพาะต่างๆต้องใช้เวลาในการเรียนรู้ระยะหนึ่ง ใช้งานทั้งแบบกราฟิกและแบบข้อความ โดยแสดงผลผ่านทางกราฟิกเป็นหลักสำหรับผู้ทั่วไป และต้องใช้คำสั่งพิเศษเพื่อเรียกใช้คำสั่งของการใช้ส่วนต่อประสานแบบข้อความ โดยแบ่งแยกออกเป็น โหมดการทำงานได้ด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

แนวทางการศึกษาเพื่อทำการพัฒนาระบบช่วยตัดสินใจเพื่อลดเศษเหล็กเส้นเสริมกำลังจากโครงการก่อสร้างโดยการหาค่าที่เหมาะสมแบบเชิงเส้นร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคารเป็นการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ด้านการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กองค์ความรู้ด้านหลักการของแบบจำลองสารสนเทศอาคารและศึกษาหลักการอัลกอริทึมการจัดเรียงสับเปลี่ยนและแผนการตัดการเขียนโปรแกรมโดยมีขั้นตอนและวิธีการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ศึกษาหลักการและทฤษฎีอัลกอริทึมการจัดเรียงเหล็กเสริมกำลังเชิงเส้น
2. ศึกษาหลักการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อทำการออกแบบทางเลือกวิธีการเลือกใช้เหล็กเสริมกำลังจากการคำนวณ
3. รวบรวมข้อมูลหน้าตัดเหล็กเสริมกำลังทางเลือกบนโปรแกรม ไมโครซอฟท์เอ็กเซล
4. ประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการเลือกใช้ข้อมูลทางเลือกการออกแบบเหล็กเสริมกำลังโดยวิธีการจัดเรียงสับเปลี่ยนแบบผลคูณคาร์ทีเซียนและประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการจัดเรียงเหล็กเชิงเส้นแบบสุ่มเนื่องจาก การแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่ดีที่สุดแบบสุ่มนี้เป็นอัลกอริทึมที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหาข้อมูลที่มีปริมาณมากๆ
5. ประยุกต์ใช้โปรแกรมด้วยภาษาวิซวลเบสิกจากอัลกอริทึม การจัดเรียงสับเปลี่ยนและการจัดเรียงเหล็กเชิงเส้นเพื่อทำการเลือกข้อมูลการออกแบบเหล็กเสริมกำลังเชิงเส้นมาทำการจัดเรียงตามภาพประกอบ 9
6. สอบทวนหรือพิสูจน์ความถูกต้องของโปรแกรม (Verification) โดยการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของโปรแกรม
7. วิเคราะห์ข้อมูลการตรวจสอบและสรุปผลการประยุกต์ใช้โปรแกรม

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

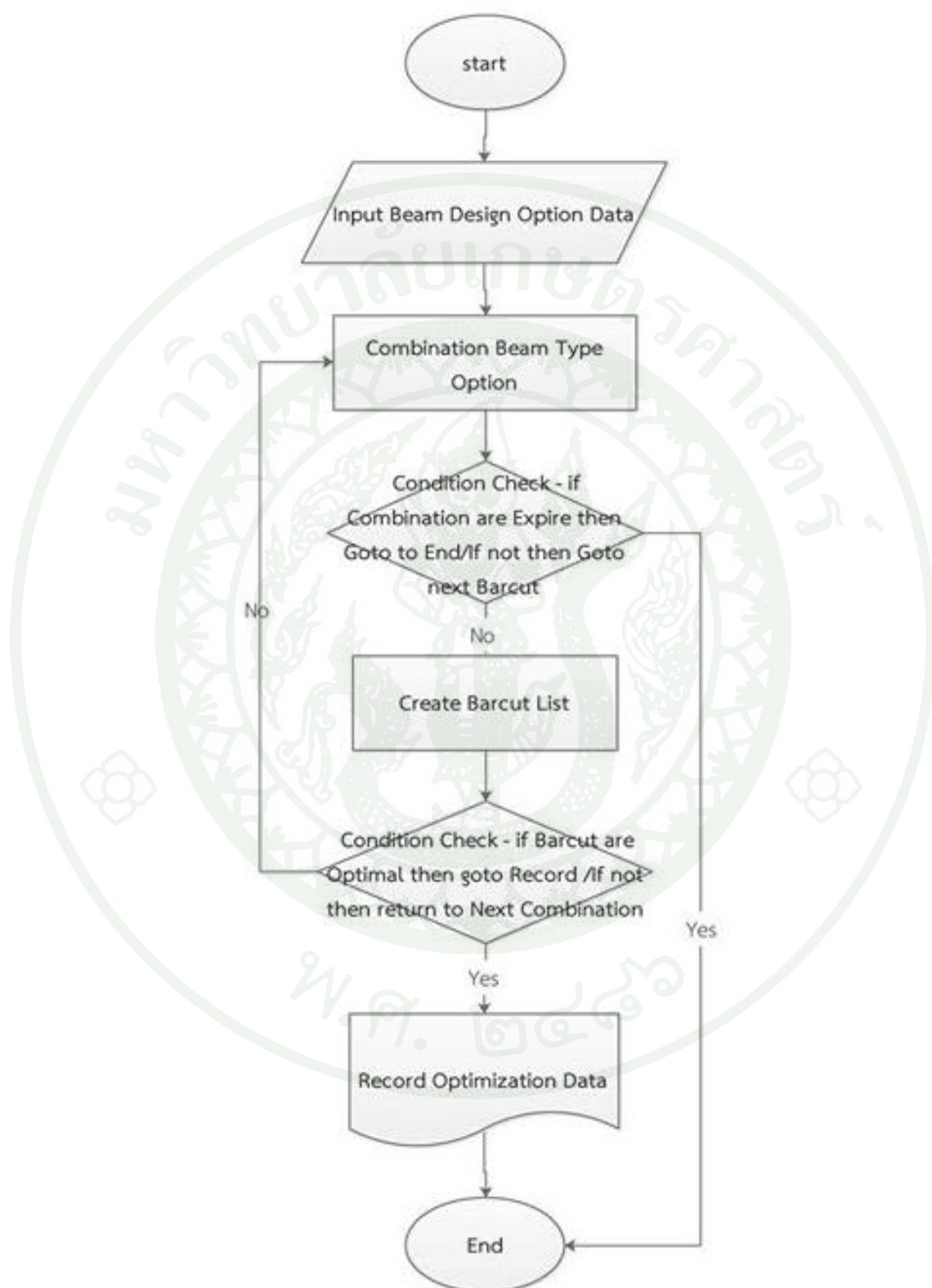
การทดลองจัดเรียงสับเปลี่ยนกรณีการออกแบบใช้ฟังก์ชัน วิชาพลศึกษาทำงานบนโปรแกรม ไมโครซอฟท์ เอ็กเซล เพื่อเข้าสู่โปรแกรมส่วนการจัดเรียงแผนการตัดเหล็กเชิงเส้นดังภาพประกอบ Figure 1 เพื่อหาผลการตัดเหล็กที่เหมาะสมที่สุดโดยเลือกพิจารณากรณีที่เกิดการใช้เหล็กเส้นเสริมกำลังในปริมาณน้อยที่สุดและทำให้เหลือเศษจากการตัดน้อยที่สุด โดยมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมดังต่อไปนี้

1. เมื่อเริ่มการทำงานของโปรแกรมจะทำการเลือกข้อมูลจากตารางข้อมูลเข้ามาทำการสร้างกรณีทางเลือกการใช้เหล็กโดยการจัดเรียงสับเปลี่ยนข้อมูลทางเลือกจากตารางข้อมูลและส่งข้อมูลที่สร้างขึ้นเข้าไปสู่ขั้นตอนการจัดเรียงแผนงานตัดเหล็กเชิงเส้น

2. เมื่อส่งข้อมูลเข้าขั้นตอนการจัดเรียงแผนงานตัดเหล็กเชิงเส้น โปรแกรมจะทำการจัดเรียงเหล็กจากข้อมูล Length Require และ No.Require ลงในตารางข้อมูลงานตัดเหล็ก โดยจะทำการตรวจสอบเงื่อนไขจากข้อมูลความยาวเหล็กวัตถุดิบซึ่งมีความยาว 10 และ 12 เมตร (ความยาวมาตรฐานการผลิตจากโรงงานและผู้วิจัยเลือกใช้ขนาดเหล็ก 12 เมตร เนื่องจากขนาดชิ้นส่วนเหล็กที่ต้องการตัดบางชิ้นมีความยาวเกิน 10 เมตร) สามารถเลือกข้อมูลความยาวเหล็กที่ต้องการตัดมาวางเรียงได้กี่ชิ้นส่วนหากชิ้นงานล่าสุดที่โปรแกรมนำมาจัดเรียงทำให้มีความยาวรวมเกินความยาวเหล็กวัตถุดิบดังแสดงในภาพประกอบ 9 โปรแกรมจะทำการสร้างแผนการตัดเหล็กใหม่เพื่อเลือกใช้เหล็กวัตถุดิบชิ้นงานต่อไป และทำการจัดเรียงแผนงานตัดเหล็กชิ้นงานต่อไปและทำงานซ้ำจนกว่าชิ้นงานจะถูกจัดเรียงครบ

3. เมื่อทำการจัดเรียงชิ้นงานที่ต้องการตัดครบทุกชิ้นงานแล้ว โปรแกรมจะเริ่มขั้นตอนการขึ้นต้นซ้ำทั้งหมดอีกครั้งและเลือกเก็บข้อมูลที่มีการใช้เหล็กวัตถุดิบที่น้อยที่สุดไว้เพื่อทำการสรุปผลการจัดเรียงในขั้นตอนการเปรียบเทียบขั้นต่อไป โดยการจัดเรียงซ้ำนี้ ขึ้นอยู่กับผู้ใช้โปรแกรมกำหนดว่าให้เกิดการทำซ้ำอีกรอบ และผู้วิจัยเลือกให้โปรแกรมทำการจัดเรียงซ้ำสองรอบเพื่อลดการใช้เวลาในการทำงานของโปรแกรม (การทำงานของโปรแกรมและละรอบใช้เวลาทั้งหมด ประมาณ 1 นาที ต่อ กรณีศึกษา 1 กรณี)

4. เมื่อจบขั้นตอนแผนการจัดเรียง โปรแกรมจะทำการสร้างกรณีการเลือกใช้เหล็กกรณีต่อมาและนำข้อมูลเข้าสู่ขั้นตอนการทำแผนการจัดเรียงเหล็กตามขั้นตอนการข้างต้นอีกครั้งดังแสดงในภาพประกอบนี้ 10 (ผังลำดับการทำงานขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมช่วยตัดสินใจการตัดเหล็กเสริมกำลัง) และทำงานกว่าจะครบทุกกรณีทางเลือกการใช้เหล็กในงานวิจัยนี้มีกรณีทางเลือกทั้งหมด 1024 กรณี



ภาพที่ 9 ฟังก์ชันขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

อัลกอริทึมการจัดเรียงสับเปลี่ยนแบบผลคูณคาร์ทีเซียน

1. ประกาศชื่อ Procedure หรือ ชุดขบวนการทำการจัดเรียงสับเปลี่ยนแบบผลคูณคาร์ทีเซียน (Cartesianproduct)

Sub CartesianProduct()

2. ประกาศตัวแปร

2.1 ประกาศตัวแปรเพื่อกำหนดค่า i,j,k และ l

ตัวอย่างชุดคำสั่ง - Dim i As Variant, j As Variant, k As Variant, l As Variant ‘

2.2 ประกาศตัวแปรนับจำนวนCombination, นับจำนวนแถว

ตัวอย่างชุดคำสั่ง - Dim CombinatonCount As Variant, lastRowEX EX As Variant ‘

2.3 กำหนดคำสั่งแสดงเวลาเริ่มต้นขบวนการ และระบุตำแหน่งในเอ็กซ์เซล ("G2").

ตัวอย่างชุดคำสั่ง - Range ("G2").Value = Now

3. กำหนดค่าตัวแปรเริ่มต้นค่าตัวแปรนับจำนวนกรณีจัดเรียงสับเปลี่ยนค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0 และตัวแปรนับจำนวนแถวค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0

ตัวอย่างชุดคำสั่ง - CombinatonCount = 0: lastRowEX = 6 ‘

4. กำหนดคำสั่ง For เพื่อสร้างการจัดเรียงสับเปลี่ยนกรณีข้อมูลทางเลือก Combination ที่ i = 1 To 4 ที่ j = 1 To 4, k = 1 To 8 และที่ l = 1 To 12 เพื่อระบุตำแหน่งของข้อมูล

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

For i = 1 To 4: For j = 1 To 4

For k = 1 To 8: For l = 1 To 12

4.1 กำหนดค่าส่งระบุพิกัด แถวที่ G และค่า lastRowEX มีค่าเท่ากับ พิกัดตำแหน่ง แถวที่ A และค่า I, แถวที่ B และค่า J, แถวที่ C และค่า k และแถวที่ D และค่า l

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

```
Range ("G" & lastRowEX ).Value = Range("A" & i).Value & "/" & _
    Range ("B" & j).Value & "/" & _
    Range ("C" & k).Value & "/" & _
    Range ("D" & l).Value
```

4.2 กำหนดค่าตัวแปรนับจำนวนแถว (lastRowEX) เพิ่มขึ้น 1 ค่า

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

```
lastRowEX =lastRowEX + 1 ‘
```

4.3 กำหนดค่า CombinatonCount เพิ่มขึ้น 1 ค่า

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

```
CombinatonCount = CombinatonCount + 1
```

4.4 กำหนดคำสั่ง Next เพื่อเก็บไปทำงานที่ Forการจัดเรียงสับเปลี่ยนกรณีข้อมูลทางเลือกอีกครั้ง และทำงานจนกว่าจะจบขบวนการ (4)

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

```
Next: Next
```

```
Next: Next
```

4.5 กำหนดคำสั่งแสดงค่าการนับกรณีการจัดเรียงโดยระบุตำแหน่งในเอ็กซ์เซล ("G3").

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

```
Range ("G1").Value = CombinatonCount
```

4.6 กำหนดคำสั่งแสดงเวลาจบขบวนการ ระบุตำแหน่งในเอ็กเซล ("G3").

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

Range ("G3").Value = Now ‘

5. จบการทำงานชุดขบวนการทำการจัดเรียงสับเปลี่ยนแบบผลคูณคาร์ทีเซียน (Cartesianproduct)

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

End Sub

อัลกอริทึมการสร้างแผนการตัดเหล็กเชิงเส้น (Bar Cut)

1. ประกาศ Procedure หรือ ชุดขบวนการทำงานการสร้างแผนการตัดเหล็กเชิงเส้น

ตัวอย่างชุดคำสั่ง - Sub CuttingStockBar()

2. ประกาศตัวแปรเพื่อกำหนดค่าต่างๆดังนี้

- 2.1 ประกาศตัวแปรบอกข้อมูลจำนวนเหล็กเชิงเส้นที่ต้องการใช้ในโครงการ

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

DimStockNumAs Double

- 2.2 ประกาศตัวแปรบอกข้อมูลจำนวนการตัด

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

Dim CutNumAs Double

- 2.3 ประกาศตัวแปรบอกข้อมูลการตัดในครั้งต่อไป

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

Dim NextCutRowAs Double

2.4 ประกาศตัวแปรบอกข้อมูลความยาวการตัดในครั้งต่อไป

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

```
Dim NextCutLenAs Double
```

2.5 ประกาศตัวแปรตรวจสอบค่าช่องข้อมูล

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

```
Dim NextCutLeftAs Double
```

2.6 ประกาศตัวแปรแสดงข้อมูลผลจำนวนหลักเส้นที่ต้องใช้

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

```
Dim AnswerRowAs Double
```

2.7 ประกาศตัวแปรบอกข้อมูลผลจำนวนหลักเส้นที่ต้องใช้ที่น้อยที่สุด

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

```
Dim MinStockNeededAs Double
```

3. กำหนดคำสั่งล้างข้อมูลที่ตำแหน่งการแสดงผลจำนวนหลักเส้นที่ต้องใช้ที่น้อยที่สุด

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

```
Range("i11").ClearContents ‘
```

4. กำหนดคำสั่งล้างข้อมูลที่ตำแหน่งแสดงผลจำนวนหลักเส้นที่ต้องใช้ทุกกรณีการเลือกข้อมูลทางเลือก

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

```
Range("I13:I140").ClearContents
```

5. กำหนดคำสั่ง For เพื่อกำหนดรอบการทำงานของขบวนการสร้างแผนการตัดเหล็ก (Procedure) เช่น ให้ทำงานตั้งแต่รอบที่ 1 ถึง 20 หรือ 20 รอบ

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

For CutThatStock = 1 To 20

6. กำหนดคำสั่งคัดลอกข้อมูลเหล็กเชิงเส้นจากฐานข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่เกิดจากการสร้างกรณีการจัดเรียงสับเปลี่ยน (Combination) จากขบวนการขึ้นต้นที่ตำแหน่ง ("A1:B9"). ไปยังตำแหน่ง ("G1:H9")

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

Range ("A1:B9").Copy Destination: =Range ("G1:H9")

7. กำหนดคำสั่งล้างข้อมูลตารางการสร้างแผนการตัด ก่อนทำการสร้างแผนครั้งต่อไป

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

.Range ("B13:F100").ClearContents

8. กำหนดคำสั่ง If หรือคำสั่งการตรวจสอบเงื่อนไขให้ทำการตรวจสอบเงื่อนไขข้อมูลที่ตำแหน่งแสดงผลการใช้เหล็กที่ดีที่สุด ("I11"). หากค่าเป็น 0 หรือค่าเริ่มต้นแล้วนั้นให้กำหนดค่าเท่ากับ 100 หรือค่าที่มากที่สุด

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

If Range ("I11").Value = 0 Then Range ("I11") = 100

9. กำหนดคำสั่ง Do Until หรือให้ทำงานจนกว่าค่าที่ตำแหน่งแสดงจำนวนข้อมูลเหล็กที่ต้องการตัดหมดหรือมีค่าเป็น 0

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

Do Until Range ("H10").Value = 0 ‘

10. กำหนดคำสั่งให้ตัวแปรชื่อNextCutRow โดยการเรียกใช้งานฟังก์ชันคำสั่งสำเร็จรูปของโปรแกรมเอ็กเซล ให้ทำการสุ่มเลือกค่าข้อมูลค่าใดค่าหนึ่งจากช่วงแถวข้อมูลที่กำหนด เช่น จากลำดับที่ 2 ถึงลำดับที่ 9

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

NextCutRow = WorksheetFunction.RandBetween(2, 9)

11. กำหนดคำสั่งให้ตัวแปรชื่อNextCutLen, ให้มีค่าเท่ากับค่าของช่วงข้อมูลแถวที่กำหนด และคอลัมน์ข้อมูลที่กำหนดเพื่อทำการคัดลอกข้อมูลความยาวหลักที่ต้องตัดมาสร้างแผนการตัด เช่น ให้คัดลอกข้อมูลจากช่วงแถวที่ 2 ถึงแถวที่ 9 ของคอลัมน์G

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

NextCutLen = Cells(NextCutRow, "G").Value ‘

12. กำหนดคำสั่งให้ตัวแปรชื่อNextCutLen, ให้มีค่าเท่ากับค่าของช่วงข้อมูลแถวที่กำหนด และคอลัมน์ข้อมูลที่กำหนดเพื่อทำการคัดลอกข้อมูลความยาวหลักที่ต้องตัดมาสร้างแผนการตัด เช่น ให้คัดลอกข้อมูลจากช่วงแถวที่2ถึงแถวที่ 9 ของคอลัมน์H

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

NextCutLeft = Cells(NextCutRow, "H").Value

13. กำหนดคำสั่ง If หรือคำสั่งการตรวจสอบเงื่อนไขให้ทำการตรวจสอบเงื่อนไขข้อมูลที่ตำแหน่งแสดงค่าจำนวนหลักเส้นที่ต้องการตัด หรือค่าของตัวแปรชื่อNextCutLeftหากมีค่าเป็น 0 แล้วให้ข้ามขั้นตอนไปทำงานที่ขั้นตอนคำสั่ง NoneLeft หรือให้กลับไปทำงานในขั้นตอนที่ 9 อีกครั้ง

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

If NextCutLeft = 0 Then GoToNoneLeft

14. กำหนดคำสั่ง Forเพื่อกำหนดรอบการทำงานของขบวนการแสดงจำนวนหลักเส้นที่ต้องการใช้เพื่อให้ทำงานในช่วงตำแหน่งข้อมูลที่กำหนดขึ้นเช่น ให้ทำงานตั้งแต่ แถวที่ 13 ถึงแถวที่

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

For StockNum = 13 To 100

15. กำหนดคำสั่ง If หรือคำสั่งการตรวจสอบเงื่อนไขให้ทำการตรวจสอบเงื่อนไขข้อมูลตำแหน่งแสดงค่าความยาวเหล็กเส้นที่ต้องการตัดเช่น แถวที่ StockNum และคอลัมน์ G บวกด้วยค่าความยาวของเหล็กเส้นที่ต้องการตัดต่อไปหรือNextCutLen หากมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนด แล้วให้ทำงานขั้นตอนต่อไปหากมีค่าเกิน 12 (ในที่นี้หมายถึงความยาวของเหล็กเส้นวัตถุดิบที่เลือกใช้คือ 12 เมตร) ให้จบขบวนการแล้วข้ามไปยังขั้นตอนการทำงานที่ตำแหน่ง Next StockNum หรือกลับไปทำงานที่ขั้นตอน For StockNum (ขั้นตอนที่ 14) หากมีค่าไปเกินค่าที่กำหนดไว้ให้ทำงานในขั้นตอนต่อไป

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

If Cells(StockNum, "G") + NextCutLen < 12 Then

15.1 กำหนดคำสั่งForให้ทำการเลือกคัดลอกข้อมูลความยาวเหล็กเส้นที่ต้องการตัดเพื่อมาทำการวางค่าข้อมูลไว้ในช่วงข้อมูลที่กำหนด เช่น ตั้งแต่คอลัมน์ที่ 2 ถึงลำดับที่ 6

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

For CutNum = 2 To 6

15.2 กำหนดคำสั่ง If หรือคำสั่งการตรวจสอบเงื่อนไขให้ทำการตรวจสอบเงื่อนไขข้อมูลที่ตำแหน่งแสดงค่าแถวที่ StockNum และคอลัมน์ที่CutNum หากที่ค่าเท่ากับ 0 แล้ว ให้ทำงานในขั้นตอนต่อไป หากไม่ให้ข้ามขั้นตอนไปทำงานที่ Next CutNum

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

If Cells(StockNum, CutNum).Value = 0 Then ‘

15.3 กำหนดค่าให้แถวที่ StockNum และคอลัมน์ที่ CutNum ให้มีค่าเท่ากับ NextCutLen
ตัวอย่างชุดคำสั่ง

Cells(StockNum, CutNum) = NextCutLen

15.4 กำหนดค่าให้แถวที่ NextCutRow และคอลัมน์ที่ H มีค่าลดลง 1 ค่า
ตัวอย่างชุดคำสั่ง

$$\text{Cells}(\text{NextCutRow}, "H") = \text{Cells}(\text{NextCutRow}, "H") - 1$$

15.5 กำหนดค่าให้คอลัมน์ที่ CutNum ให้มีค่ามากที่สุดเพื่อเป็นการจบเงื่อนไขของ
คำสั่ง For ในขั้นตอนที่ 14

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

$$\text{CutNum} = 6$$

15.6 กำหนดค่าให้คอลัมน์ที่ StockNum มีค่ามากที่สุดเพื่อเป็นการจบเงื่อนไขของ
คำสั่ง For ในขั้นตอนที่ 14

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

$$\text{StockNum} = 100$$

16. กำหนดคำสั่งจบขบวนการทำงานของ If Cells (StockNum, CutNum).Value = 0 Then
ในขั้นตอนที่ 15.2

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

End If

17. กำหนดคำสั่ง Next เพื่อกลับไปทำงานที่ For CutNum (ขั้นตอนที่ 15.1) อีกครั้ง และ
ทำงานจนกว่าจำนวนหลักที่ต้องการตัดเท่ากับ 0 และจบขบวนการ

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

Next CutNum

18. กำหนดคำสั่งจบขบวนการทำงานของ If Cells (StockNum, "G") + NextCutLen < 12
Then (ขั้นตอนที่ 15)

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

End If

19. กำหนดคำสั่ง Next เพื่อกลับไปทำงานที่ For StockNum อีกครั้ง และทำงานจนกว่าจะจบขบวนการ (ขั้นตอนที่ 14)

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

Next StockNum

20. กำหนดค่า NoneLeft: เพื่อเป็นจุดมุ่งหมายของคำสั่ง If NextCutLeft = 0 Then GoToNoneLeft เพื่อที่จะให้ทำงานในขั้นตอนต่อไป

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

NoneLeft:

21. กำหนดคำสั่ง Loop เพื่อกลับไปทำงานที่ Do Until Range ("H10").Value = 0 (ขั้นตอนที่ 9) และทำงานจนกว่าจำนวนหลักที่ต้องการตัดหมดแล้วให้ทำงานในขั้นตอนต่อไป

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

Loop

22. กำหนดค่าให้แถวที่ AnswerRow ให้ทำการนับจำนวนค่าที่ คอลัมน์ I และบวกค่าเพิ่ม 1 ค่า

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

AnswerRow = Cells(Rows.Count, "I").End(xlUp).Row + 1 ‘

23. กำหนดค่าให้พิกัดที่ "I" และ AnswerRow มีค่าเท่ากับ แถวที่ Rows.Count และคอลัมน์ B จนถึงจำนวนสุดท้ายแล้วนำค่ามาลบออก 12

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

Range("I" & AnswerRow) = Cells(Rows.Count, "B").End(xlUp).Row - 12 ‘

24. กำหนดให้ค่าผลการสร้างแผนตัดเหล็กที่ดีที่สุดมีค่าเท่ากับค่าที่ตำแหน่งแถวที่ Rows.Count และคอลัมน์ที่ B ที่ค่าล่าสุด

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

MinStockNeeded = Cells(Rows.Count, "B").End(xlUp).Row - 12

25. กำหนดคำสั่ง If หรือคำสั่งการตรวจสอบเงื่อนไขให้ทำการตรวจสอบเงื่อนไขหากค่า MinStockNeeded มีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดค่ามากที่สุดไว้ในขั้นตอนที่ 8 ให้ทำขบวนการต่อไปหากไม่ใช่ให้ข้ามไปทำงานที่ Next CutThatStock และหากค่า MinStockNeeded ในรอบการทำงานต่อไปมีค่าที่น้อยกว่าก็ให้ทำงานในขั้นตอนที่ 26

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

.If MinStockNeeded < Range("I11").Value Then

25.1 จากขั้นตอนที่ 25 หากค่า MinStockNeeded มีค่าน้อยกว่าค่าเริ่มต้นให้ทำการคัดลอกข้อมูลการสร้างกรณีจัดเรียงสับเปลี่ยนและข้อมูลแผนการตัดเหล็กทั้งหมด จากตำแหน่งที่ A12:G100 ไปยังตำแหน่งที่ L12 เป็นต้นไป

25.2 จากขั้นตอนที่ 25 กำหนดให้ค่า I11 มีค่าเท่ากับค่า MinStockNeeded

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

.Range("I11").Value = MinStockNeeded

26. จบขบวนการทำงานของ If MinStockNeeded < Range("I11").Value (18)

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

End If

27. กำหนดคำสั่ง Next เพื่อกลับไปทำงานที่ For CutThatStock อีกครั้ง และทำงานจนกว่าจะจบขบวนการ (1)

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

Next CutThatStock

28. จบการทำงานของ Procedure CuttingStockBar()

ตัวอย่างชุดคำสั่ง

End Sub ‘

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์
2. เครื่องพิมพ์
3. โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel)
4. โปรแกรมวิซวลเบสิก (Visual Basic)
5. โปรแกรมไมโครซอฟท์เวิร์ด (Microsoft Word)

ข้อมูลกรณีศึกษา

เลือกใช้ข้อมูลโครงการบ้านจัดสรร โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กแห่งหนึ่ง ซึ่งมีรายการคำนวณโครงสร้างและออกแบบโครงสร้าง โดย นางสาวลลิตวดี ขวัญคุ้มวิศกรโยธา ในการออกแบบมีขนาดหน้าตัดคานทั้งหมด 23 รูปแบบ สำหรับใช้กับคานบ้านหนึ่งหลังทั้งหมด 37 ตำแหน่ง โครงสร้างข้อมูลผู้วิจัยทำการออกแบบทางเลือกรูปแบบการเสริมเหล็กขึ้น 10 รูปแบบ ในคาน 10 ตำแหน่ง ที่จะเกิดการเลือกใช้ได้ทั้งหมด 1024กรณี โดยข้อมูลกรณีศึกษา แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1. ข้อมูลกรณีศึกษาเบื้องต้น ดังต่อไปนี้

1.1 ข้อมูลชนิดของคาน (Beam Type เช่น B1,B2,...,Bn) ซึ่งจะประกอบไปด้วย ข้อมูล ความยาวคานขนาดเหล็กเสริมโครงการ(เช่น Round Bar Diameter 6 mm;RB6, Deform Bar Diameter 12 mm.;DB12) และจำนวนเหล็กเสริมเช่น Bottom Layer 2-DB12 หมายความว่า ใช้เหล็กเสริมกำลังสำหรับรับแรงดึง ตำแหน่งชั้นล่างของคาน ใช้เหล็ก Deform Bar Diameter 12 mm จำนวน 2 เส้น

1.2 ข้อมูล Area of Steel (A_s) ซึ่งได้จากรายการคำนวณของวิศวกรผู้ออกแบบ หรือ สามารถทำการคำนวณได้จากข้อมูลลักษณะการเสริมเหล็กจากข้อ 1.1ข้างต้น

2. ข้อมูลที่โปรแกรมต้องการ ดังต่อไปนี้

2.1 Length Require หมายถึง ข้อมูลความยาวเหล็กที่ต้องการและ Number Require; No.Require หมายถึง ข้อมูลจำนวนเหล็กที่ต้องการตัดของเหล็กความยาวนั้นๆดังตัวอย่างตารางที่ 5

2.2 ข้อมูลการออกแบบทางเลือกจากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling; BIM) ซึ่งสามารถทำการสร้างข้อมูลจากการคำนวณทางเลือกจากการออกแบบ โดยอาศัย ข้อมูล Area of Steel (A_s) ซึ่งได้จากรายการคำนวณของวิศวกรผู้ออกแบบ โดยสามารถเลือกใช้ โปรแกรมในการช่วยจัดการกับข้อมูลได้หลายรูปแบบเช่นเลือกใช้โปรแกรม ไมโครซอฟท์เอ็กเซล(Microsoft Excel),ออโตเดสก์เรวิท (Autodesk Revit) หรืออาชีแคด (ArchiCAD) เป็นต้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล ในการช่วยจัดการข้อมูลทางเลือก

รูปแบบการจัดเก็บข้อมูล

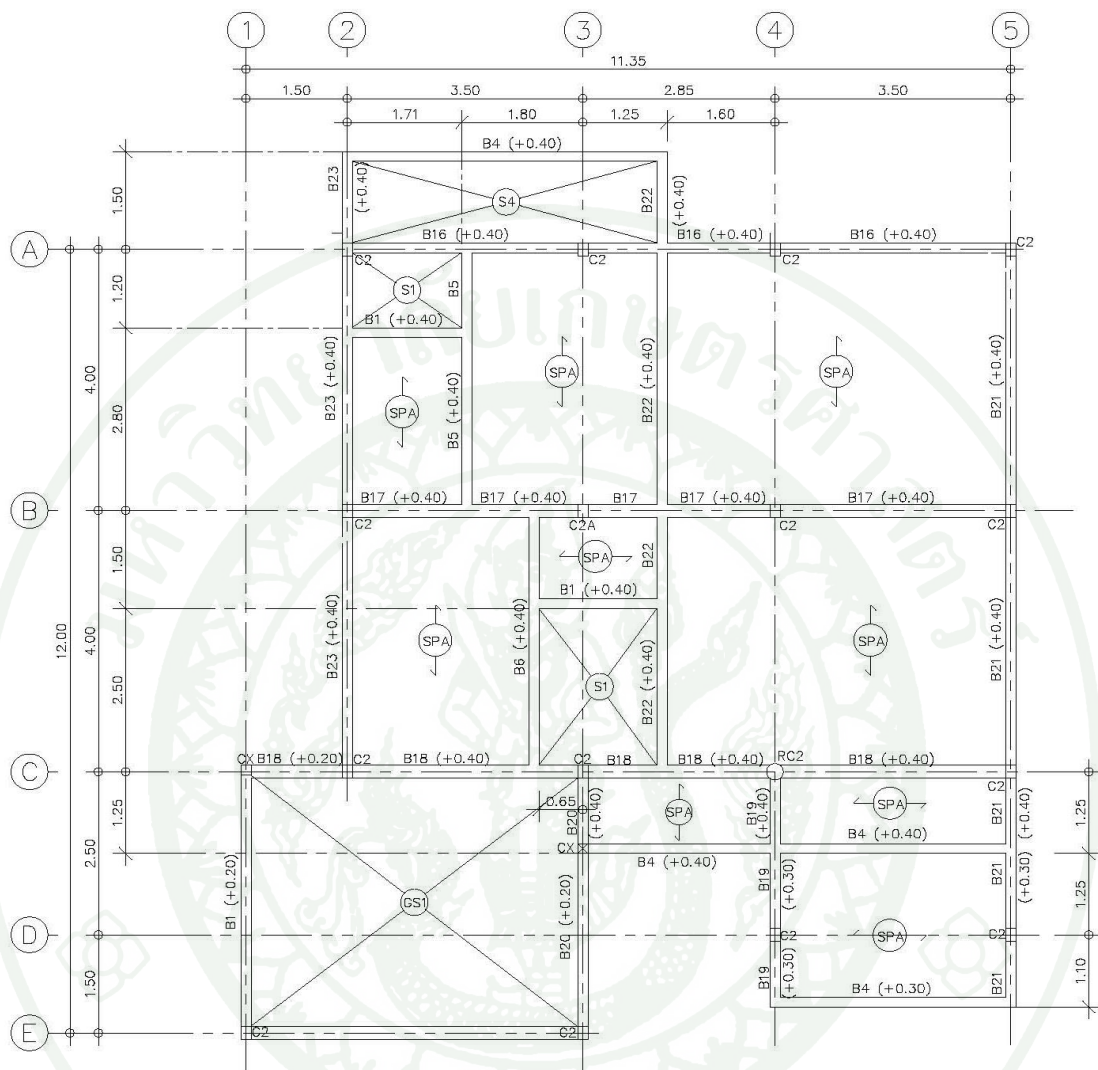
ประกอบไปด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

1. Description-Beam Type หมายถึงข้อมูลรายชื่อตามลักษณะของคานดังตารางที่ 11
2. Description-Beam TypeOption หมายถึงข้อมูลรายชื่อคานทางเลือกการออกแบบดังตารางที่ 11

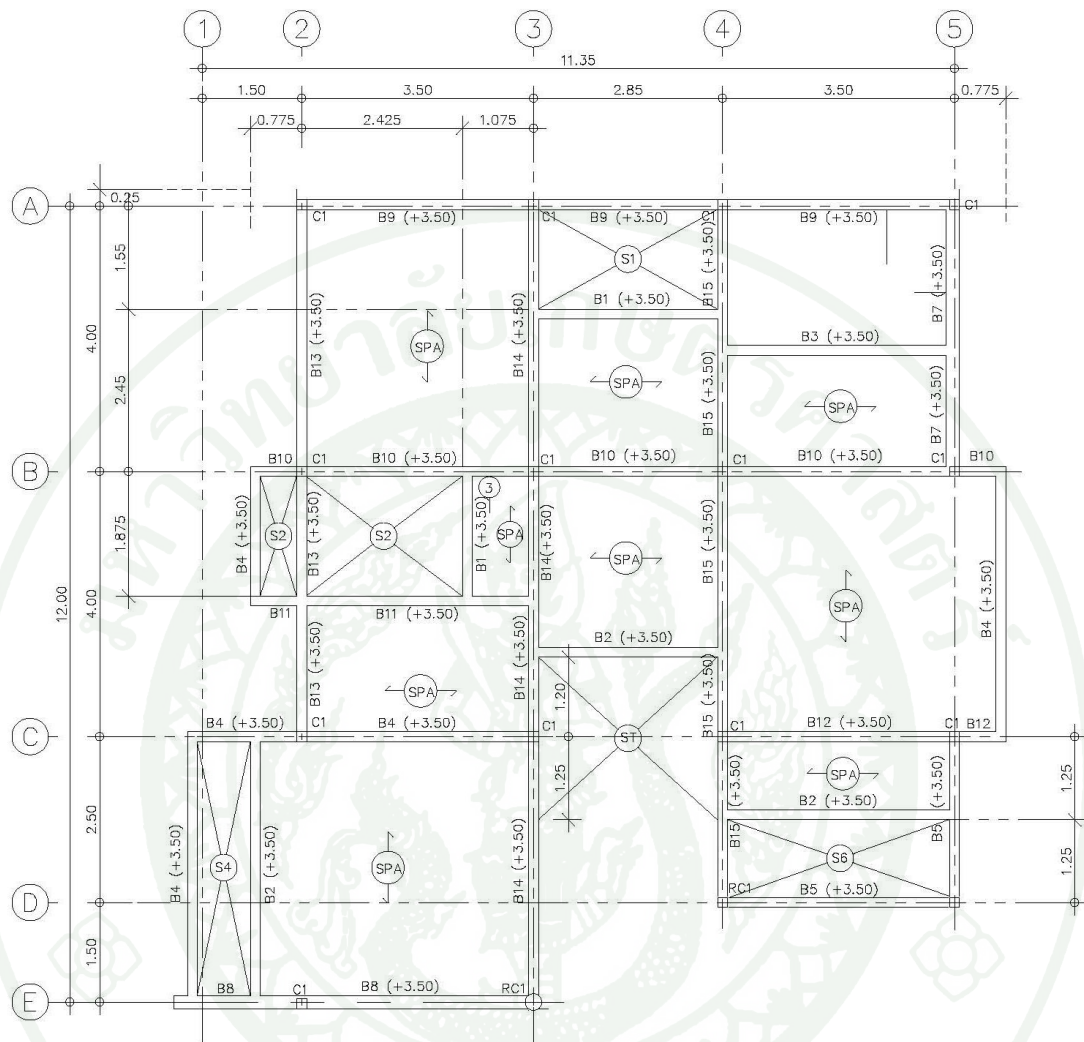
3. Length Require หมายถึง ข้อมูลความยาวหลักที่ต้องการและ Number Require; No.Require หมายถึง ข้อมูลจำนวนหลักที่ต้องการตัดของหลักความยาวนั้นๆ ซึ่งแบ่งตามขนาดของหลักเสริมกำลัง

โดยเมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมโปรแกรมจะทำการเลือกใช้ข้อมูลทางเลือกจากข้อมูลในตารางดังกล่าวข้างต้นและคัดเลือกใช้ ข้อมูลทางเลือกการออกแบบให้เหลือเพียง 1 ทางเลือกต่อ 1 กรณีดังตารางที่ 11





ภาพที่ 12 แปลนคานชั้นล่าง



ภาพที่ 13 แปลนคานชั้นบน

การออกแบบเหล็กเสริมกำลังทางเลือก

ขอบเขตการออกแบบเหล็กเสริมกำลัง ผู้วิจัยเลือกออกแบบเหล็กเสริมกำลังทางเลือกสำหรับคาน 10 รูปแบบ ได้แก่ B11,B12,B13,B14,B15,B16,B17,B18,B19และ B20 โดยการเพิ่มทางเลือกรูปแบบละ 1 ทางเลือก โดยมีรูปแบบ และ รายการคำนวณดังต่อไปนี้

B11

1) น้ำหนักคาน	=	$0.20 \times 0.40 \times 2400$	=	192.00	Kg./m.
2) น้ำหนักจากพื้น	=		=	380.00	Kg./m.
3) น้ำหนักกำแพง	=	2.80×100	=	280.00	Kg./m.
รวม			=	<u>852.00</u>	<u>Kg./m.</u>

5) Point Load ==> $P1 = 857 \text{ Kg.}$

$$M = 1,401.00 \text{ Kg. - m.}$$

Original Design Option $A_s = 2.52 \text{ cm}^2$ Use 3 DB 12 mm.

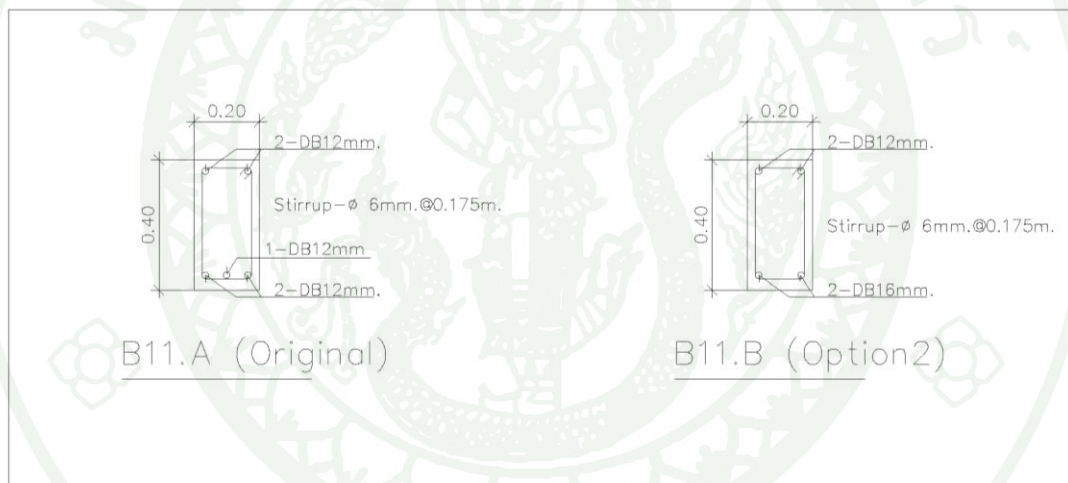
$$V_m = 1464.56 \text{ Kg.} < V_c = 2061.71 \text{ Kg.} \quad \text{OK}$$

Use 1 - RB 6 mm. @ 0.175 m.

Option2

$A_s = 2.262 \text{ cm}^2$ Use 2-DB12 mm

$A_s' = 4.02 \text{ cm}^2$ Use 2-DB16 mm



ภาพที่ 14 รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B11

B12

1) น้ำหนักคาน	= $0.20 \times 0.30 \times 2400$	=	192.00	Kg./m.
2) น้ำหนักจากพื้น		=	780.00	Kg./m.
รวม		=	<u>972.00</u>	<u>Kg./m.</u>

Original Design Option

M	=	952.00	Kg. - m.
As	=	2.39	cm ²
			<u>Use 3 DB 12 mm.</u>
As'	=	0.97	cm ²
			<u>Use 2 DB 12 mm.</u>

$$V_m = 1577.12 \text{ Kg.} > V_c = 1489.02 \text{ Kg.}; V' = 88.10 \text{ Kg.}$$

$$S = 200.44 \text{ cm.}$$

$$\text{Use } 1 \text{ - RB 6 mm. @ 0.15 m.}$$

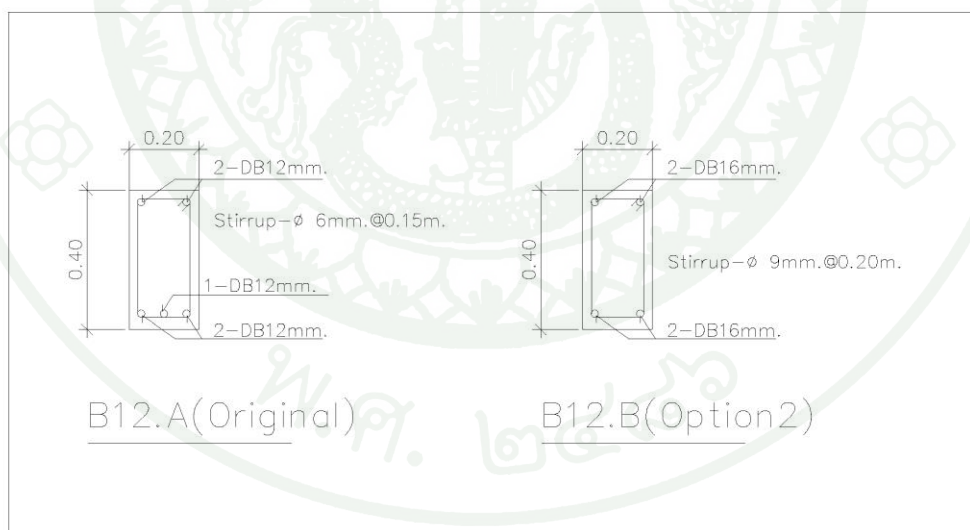
Option2

$$A_v = 1.272 \text{ cm}^2, f_v = 1200, d = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = 2.262 \text{ cm}^2 \text{ Use 2-DB12 } s = A_v(f_v)(d)/V'$$

$$A_s' = 4.02 \text{ cm}^2 \text{ Use 2-DB16 } s = (1.272)(1200)(25)/88.1 = 133.63 \text{ cm}$$

$$\text{Use RB9@0.2 m.}$$



ภาพที่ 15 รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B12

B13

1) น้ำหนักคาน	=	$0.20 \times 0.40 \times 2400$	=	192.00	Kg./m.
2) น้ำหนักจากพื้น	=		=	682.50	Kg./m.
3) น้ำหนักกำแพง	=	2.80×100	=	280.00	Kg./m.
รวม			=	1,154.50	Kg./m.
4) Point Load	=>	$P1 = 2675 \text{ Kg.}$			

$$M = 2,922.00 \text{ Kg. - m.}$$

Original Design Option $As = As'$ = 5.85 cm^2

[Use 2 DB 16 mm.+ 2 DB 12 mm.](#)

$$V_m = 3460.90 \text{ Kg.} > V_c = 1987.26 \text{ Kg.}; V' = 1473.64 \text{ Kg.}$$

$$S = 15.99 \text{ cm.}$$

[Use 1 - RB 6 mm. @ 0.15 m.](#)

Option2

$$As = 6.86 \text{ cm}^2 \text{ Use 6-DB12 mm}$$

$$As' = 6.262 \text{ cm}^2 \text{ Use 2-DB16+4-DB12 mm}$$

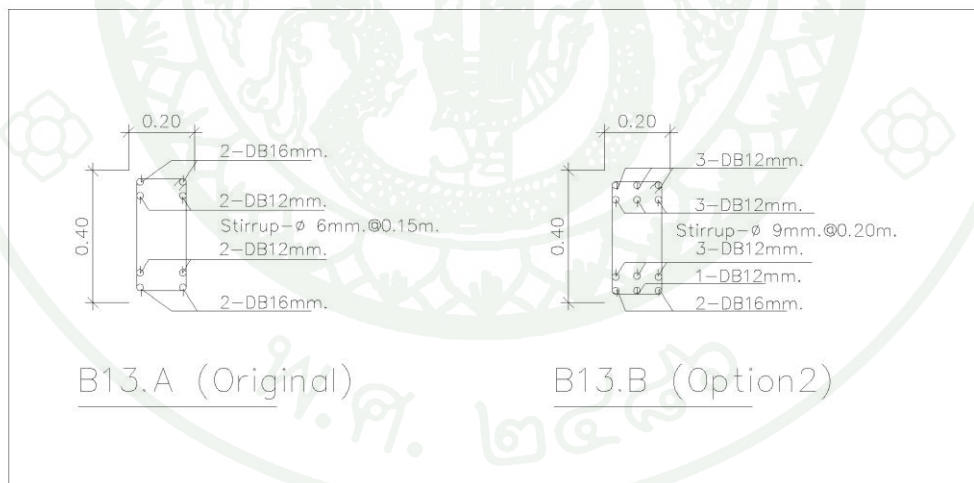
$$Av = 1.272 \text{ cm}^2, f_v = 1200$$

$$d = 35 \text{ cm}$$

$$s = Av(f_v)(d)/V'$$

$$s = (1.272)(1200)(35)/1473.64 = 36.25 \text{ cm}$$

$$\text{Use RB9@0.2 m.}$$



ภาพที่ 16 รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B13

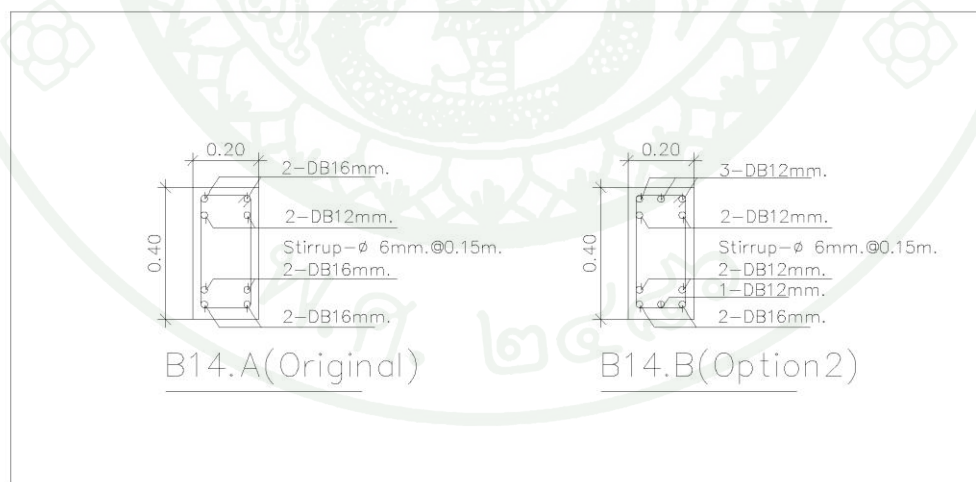
B14

1) น้ำหนักคาน	=	$0.20 \times 0.40 \times 2400$	=	192.00	Kg./m.
2) น้ำหนักจากพื้น	=		=	555.75	Kg./m.
3) น้ำหนักพื้น	=		=	682.50	Kg./m.
รวม	=		=	<u>1,430.25</u>	<u>Kg./m.</u>
4) Point Load	=>	P1 = 1832 Kg. , P2 = 914 Kg			

M	=	2,655.00	Kg. - m.
<u>Original Design Option</u> As	=	5.11	cm ²
		<u>Use 2 DB 16 mm. + 2 DB 12 mm.</u>	
As'	=	6.80	cm ²
		<u>Use 4 DB 16 mm.</u>	
$V_m = 3140.22 \text{ Kg.} > V_c = 1950.09 \text{ Kg.} ; V' = 2570.05 \text{ Kg.}$			
S = 20.22 cm.		<u>Use ๑ - RB 9 mm. @ 0.15 m.</u>	

Option2

As = 5.655 cm² Use 5-DB12 mm
 As' = 7.413 cm²
 Use 2-DB16 mm (As' = 4.02cm²)
 3-DB12 mm (As' = 3.393cm²)



ภาพที่ 17 รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B14

B15

1) น้ำหนักคาน	=	$0.20 \times 0.40 \times 2400$	=	192.00	Kg./m.
2) น้ำหนักจากพื้น			=	555.75	Kg./m.
3) น้ำหนักจากพื้น			=	682.50	Kg./m.
4) น้ำหนักกำแพง	=	2.80×100	=	280.00	Kg./m.
รวม			=	1,710.25	Kg./m.

5) Point Load ==> $P_1 = 1018 \text{ Kg.}$, $P_2 = 1524 \text{ Kg.}$

$$M = 3,445.00 \text{ Kg. - m.}$$

Original Design Option $A_s = A_{s'}$ = 7.21 cm^2

Use 2 DB 16 mm. + 2 DB 16 mm.

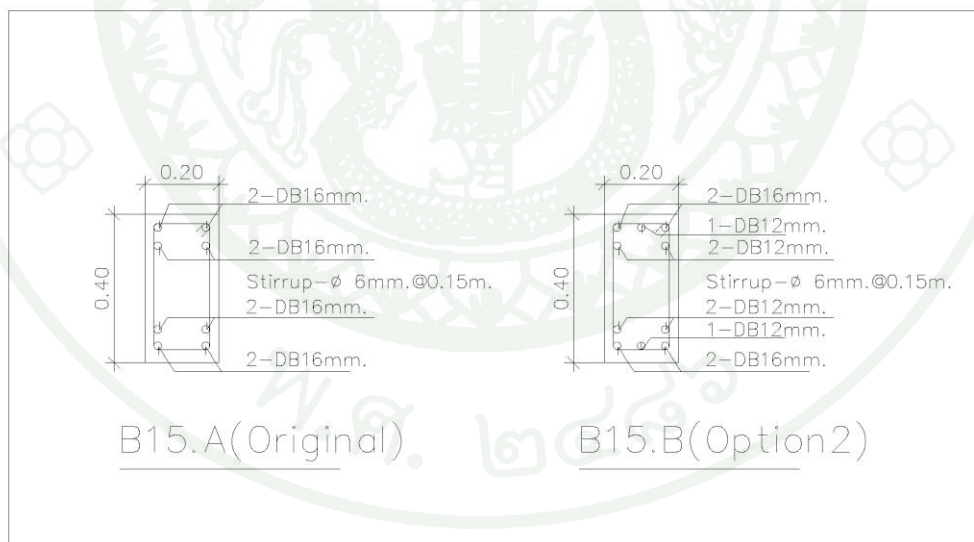
$$V_m = 4520.09 \text{ Kg.} > V_c = 1950.05 \text{ Kg.}; V' = 2570.05 \text{ Kg.}$$

$$S = 20.22 \text{ cm.}$$

Use 1/ - RB 9 mm. @ 0.15 m.

Option2

$$A_s = A_{s'} = 7.413 \text{ cm}^2 \text{ Use 2-DB16 mm (} A_{s'} = 4.02 \text{ cm}^2 \text{) + 3-DB12 (} A_{s'} = 3.393 \text{ cm}^2 \text{)}$$



ภาพที่ 18 รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B15

B16

1) น้ำหนักคาน	= $0.20 \times 0.40 \times 2400$	=	192.00	Kg./m.
2) น้ำหนักจากพื้น		=	207.00	Kg./m.
3) น้ำหนักจากพื้น		=	880.00	Kg./m.
4) น้ำหนักกำแพง	= 2.70×100	=	270.00	Kg./m.
รวม		=	1,549.00	Kg./m.

5) Point Load ==> $P1 = 1808 \text{ Kg.}$

Original Design Option

M	=	2,558.00	Kg. - m.
As	=	4.83	cm ²
			<u>Use 2 DB 16 mm. + 2 DB 12 mm.</u>
As'	=	4.65	cm ²
			<u>Use 2 DB 16 mm. + 2 DB 12 mm.</u>

Stirrup-Option2

$A_v = 1.272 \text{ cm}^2$
 $f_v = 1200$
 $d = 35 \text{ cm}$
 $s = A_v(f_v)(d)/V'$
 $s = (1.272)(1200)(35)/1289 = 41.44 \text{ cm}$
Use 1-RB9 mm@0.2 m

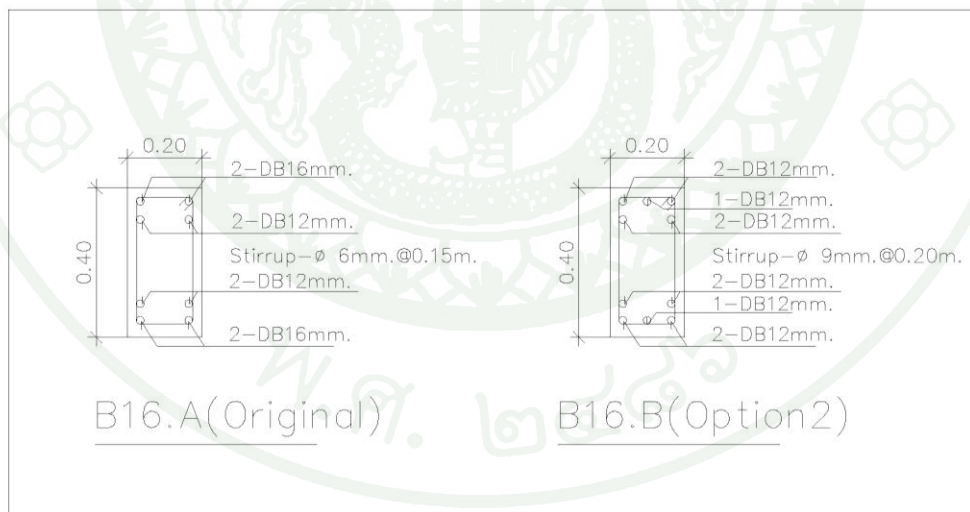
$V_m = 3276 \text{ Kg.} > V_c = 1987 \text{ Kg.}; V' = 1289 \text{ Kg.}$

$S = 18.28 \text{ cm.}$

Use 1 - RB 6 mm. @ 0.15 m.

Option2

$A_s = A_s' = 5.655 \text{ cm}^2$ Use 5-DB12 mm



ภาพที่ 19 รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B16

B17

1) น้ำหนักคาน	=	$0.20 \times 0.40 \times 2400$	=	192.00	Kg./m.
2) น้ำหนักจากพื้น			=	1,760.00	Kg./m.
3) น้ำหนักกำแพง	=	2.70×100	=	270.00	Kg./m.
รวม			=	2,222.00	Kg./m.

4) Point Load ==> $P1 = 1277 \text{ Kg.}$, $P2 = 2132 \text{ Kg.}$

$$M = 3,801.00 \text{ Kg. - m.}$$

Original Design Option $As = As' = 7.96 \text{ cm}^2$

Use 4 DB 16 mm.

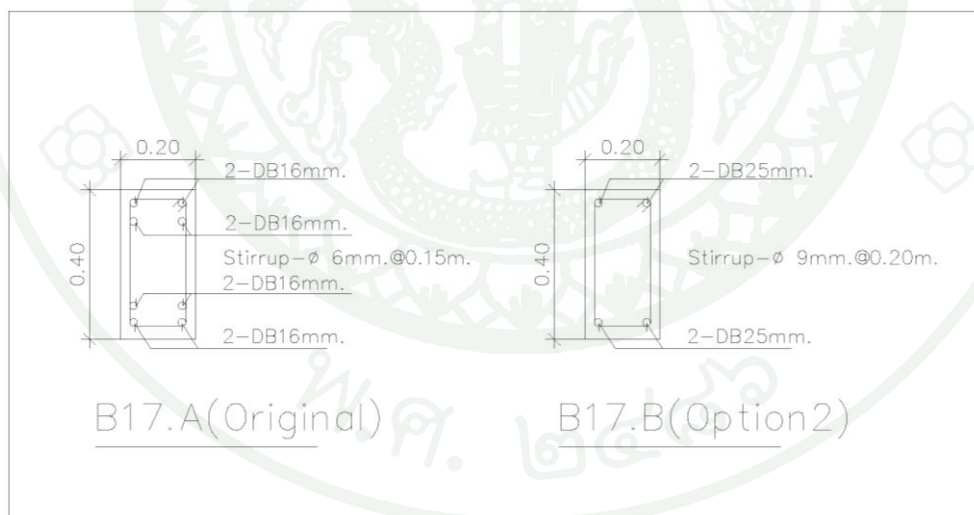
$$V_m = 6246 \text{ Kg.} > V_c = 2600 \text{ Kg.} ; V' = 3646 \text{ Kg.}$$

$$S = 14.26 \text{ cm.}$$

Use 1 - RB9 mm. @ 0.125 m.

Option2

$As = As' = 9.816 \text{ cm}^2$ Use 2- DB25 mm



ภาพที่ 20 รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B17

B18

1) น้ำหนักคาน	=	$0.20 \times 0.40 \times 2400$	=	192.00	Kg./m.
2) น้ำหนักจากพื้น			=	880.00	Kg./m.
3) น้ำหนักจากกำแพง	=	2.70×100	=	270.00	Kg./m.
รวม			=	1,342.00	Kg./m.

Original Design Option

M	=	3,063.00	Kg. - m.
As	=	5.54	cm ²
			<u>Use 3 DB 16 mm.</u>
As'	=	3.74	cm ²
			<u>Use 2 DB 16 mm.</u>

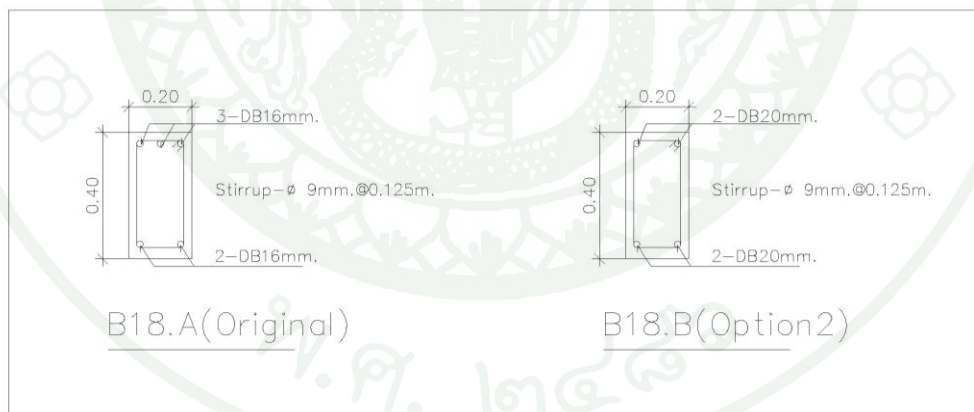
$$V_m = 2862 \text{ Kg.} > V_c = 2757 \text{ Kg.} ; V' = 105 \text{ Kg.}$$

$$S = 233.52 \text{ cm.}$$

$$\text{Use } 1 - \text{RB6 mm. @ } 0.175 \text{ m.}$$

Option2

$$A_s = A_s' = 6.292 \text{ cm}^2 \text{ Use 2-DB20 mm.}$$



ภาพที่ 21 รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B18

B19

1) น้ำหนักคาน	=	$0.20 \times 0.40 \times 2400$	=	192.00	Kg./m.
2) น้ำหนักคานพอก	=		=	396.00	Kg./m.
3) น้ำหนักจากพื้น	=		=	770.00	Kg./m.
4) น้ำหนักจากบันได	=		=	1,206.00	Kg./m.
รวม	=		=	2,564.00	Kg./m.

5) Point Load ==> P1 = 3801 Kg.

M	=	3,158.00	Kg. - m.
Original Design Option As	=	6.10	cm ²
			<u>Use 4 DB 16 mm.</u>
As'	=	7.70	cm ²
			<u>Use 4 DB 16 mm.</u>

$$V_m = 3309 \text{ Kg.} > V_c = 1950 \text{ Kg.}; V' = 1359 \text{ Kg.}$$

$$S = 17.02 \text{ cm.}$$

$$\text{Use } \frac{1}{4} - \text{RB6 mm. @ 0.15 m.}$$

Option2

$$A_s = 6.292 \text{ cm}^2 \text{ Use 2-DB20 mm}$$

$$A_s' = 9.438 \text{ cm}^2 \text{ Use 3-DB20 mm}$$

$$A_v = 1.272 \text{ cm}^2$$

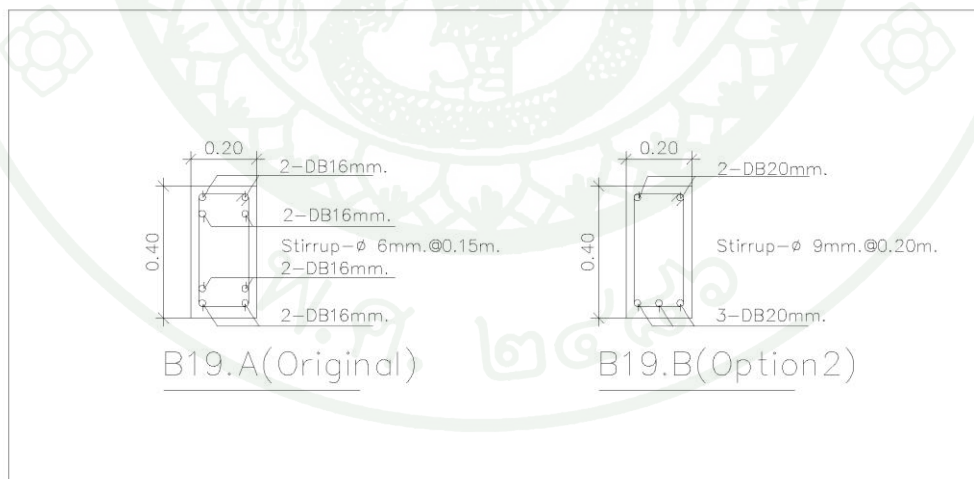
$$f_v = 1200$$

$$d = 35 \text{ cm}$$

$$s = A_v(f_v)(d)/V'$$

$$s = (1.272)(1200)(35)/1359 = 39.31 \text{ cm}$$

$$\text{Use RB9@0.2 m}$$



ภาพที่ 22 รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B19

B20

1) น้ำหนักคาน	= $0.20 \times 0.40 \times 2400$	= 192	Kg./m.
2) น้ำหนักจากพื้น		= 627.00	Kg./m.
3) น้ำหนักกำแพง	= 1.64×100	= 164.00	Kg./m.
รวม		= 983.00	Kg./m.

$$M = 2,864.00 \text{ Kg. - m.}$$

$$As = 5.32 \text{ cm}^2$$

Use 4 DB 16 mm.

$$As' = 4.11 \text{ cm}^2$$

Use 4 DB 16 mm.

$$V_m = 2932 \text{ Kg.} > V_c = 1950 \text{ Kg.} ; V' = 982 \text{ Kg.}$$

$$S = 23.55 \text{ cm.}$$

Use 1 - RB6 mm. @ 0.15 m.

Option2

$$As = 6.292 \text{ cm}^2 \text{ Use 2-DB20 mm}$$

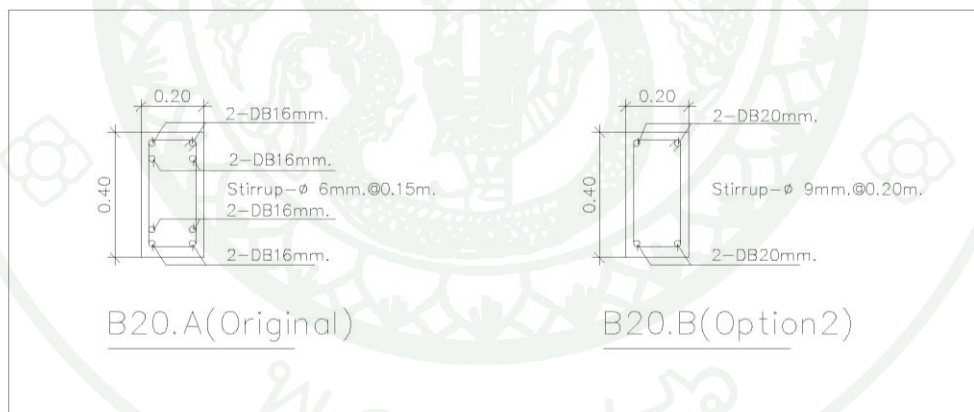
$$As' = 6.292 \text{ cm}^2 \text{ Use 2-DB20 mm}$$

$$Av = 1.272 \text{ cm}^2, fv = 1200, d = 35 \text{ cm}$$

$$s = Av(fv)(d)/V'$$

$$s = (1.272)(1200)(35)/1359 = 39.31 \text{ cm}$$

$$\text{Use RB9@0.2 m}$$



ภาพที่ 23 รายการคำนวณและแบบหน้าตัดคานทางเลือก B20

ตารางที่ 4 ตารางข้อมูลหลักที่โปรแกรมต้องการ

N0.	Beam type	RB6			RB9			DB12			DB16			DB20			DB25		
		Length	Number	ea.	Length	Number	ea.	Length	Number	ea.	Length	Number	ea.	Length	Number	ea.	Length	Number	ea.
		m.			m.			m.			m.			m.			m.		
1	B1.1.1	0.8	12		0	0		2.175	4		0	0		0	0		0	0	
2	B1.2.1	0.8	13		0	0		2.3	4		0	0		0	0		0	0	
3	B1.3.1	0.8	29		0	0		4.85	4		0	0		0	0		0	0	
4	B4.1.1	1	27		0	0		5.075	4		0	0		0	0		0	0	
5	B4.2.1	1	36		0	0		6.75	4		0	0		0	0		0	0	
6	B4.3.1	1	20		0	0		3.9	4		0	0		0	0		0	0	
7	B5.1.1	1	23		0	0		4.45	5		0	0		0	0		0	0	
8	B6.1.1	1	23		0	0		0	0		4.45	4		0	0		0	0	
9	B16.1.A	1	62		0	0		2.4	4		10.25	4		0	0		0	0	
10	B16.1.B	0	0		1	54		10.25	10		0	0		0	0		0	0	
11	B17.1.A	1.1	23		1.05	51		0	0		10.25	8		0	0		0	0	
12	B17.1.B	1.1	23		1.05	51		0	0		0	0		0	0		10.25	4	
13	B18.1.A	4.8	68		0	0		0	0		10.4	5		0	0		0	0	
14	B18.1.B	4.8	68		0	0		0	0		0	0		10.4	4		0	0	
15	B19.1.A	3.4	25		0	0		1.75	2		5.65	8		0	0		0	0	
16	B19.1.B	0	0		3.4	19		1.75	2		0	0		5.65	5		0	0	
17	B20.1.A	1.4	31		0	0		1.75	2		7.65	8		0	0		0	0	
18	B20.1.B	0	0		1.4	25		1.75	2		0	0		7.65	4		0	0	
19	B21.1.1	2.2	68		0	0		9.6	8		0	0		0	0		0	0	
20	B22.1.1	1	55		0	0		9.85	6		0	0		0	0		0	0	

ตารางที่ 4 (ต่อ)

No.	Beam type	RB6			RB9			DB12			DB16			DB20			DB25		
		Length m.	Number ea.	Length m.	Number ea.	Length m.	Number ea.	Length m.	Number ea.	Length m.	Number ea.	Length m.	Number ea.	Length m.	Number ea.	Length m.	Number ea.	Length m.	Number ea.
21	B23.1.1	1	55	0	0	9.85	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	B1.4.1	0.8	19	0	0	3.25	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	B1.5.1	0.8	13	0	0	2.35	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	B2.1.1	0.8	19	0	0	3.25	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	B2.2.1	0.8	23	0	0	3.25	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	B2.3.1	0.8	27	0	0	3.25	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	B3.1.1	0.8	23	0	0	0	0	3.9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	B4.4.1	1	31	0	0	5.55	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	B4.5.1	1	23	0	0	4.4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	B4.6.1	1	11	0	0	2.35	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	B4.7.1	1	23	0	0	4.425	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	B5.2.1	1	20	0	0	3.9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	B5.3.1	1	15	0	0	2.9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	B7.1.1	0	0	1.1	27	0	0	4.425	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	B8.1.1	0	0	1.3	37	0	0	0	0	5.75	6	0	0	0	0	0	0	0	0
36	B9.1.1	1	57	0	0	10.25	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	B10.1.1	1	67	0	0	11.65	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	B11.1.A	1	25	0	0	4.6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	B11.1.B	1	25	0	0	4.6	2	4.6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	B12.1.A	1.8	29	0	0	9.6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4 (ต่อ)

N0.	RB6			RB9			DB12			DB16			DB20			DB25		
	Beam type			Length	Number	Length	Number	Length	Number	Length	Number	Length	Number	Length	Number	Length	Number	
	m.	ea.		m.	ea.	m.	ea.	m.	ea.	m.	ea.	m.	ea.	m.	ea.	m.	ea.	
41	B12.1.B	0	0	1.8	23	0	0	9.6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
42	B13.1.A	1	54	0	0	8.425	4	8.425	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
43	B13.1.B	0	0	1	45	8.425	10	8.425	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
44	B14.1.A	1	77	0	0	11.45	2	11.45	6	0	0	0	0	0	0	0	0	
45	B14.1.B	1	77	0	0	11.45	8	11.45	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
46	B15.1.A	1	44	1	27	0	0	10.95	8	0	0	0	0	0	0	0	0	
47	B15.1.B	1	44	1	27	10.95	6	10.95	4	0	0	0	0	0	0	0	0	

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองระบบช่วยตัดสินใจเพื่อลดเศษเหล็กเส้นเสริมกำลังจากโครงการก่อสร้าง โดยการหาค่าที่เหมาะสมแบบเชิงเส้นร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อเป็นแนวทางในการช่วยแนะนำและช่วยตัดสินใจการเลือกใช้วิธีเสริมเหล็กให้เกิดความคุ้มค่าและให้เกิดการใช้ทรัพยากรเหล็กเสริมอย่างประหยัด พบว่าจากกรณีที่ผู้ออกแบบโครงการได้ออกแบบ สามารถแสดงผลการจัดเรียงการตัดเหล็กได้และสรุปราคาเหล็กโครงการในกรณีที่ผู้ออกแบบกำหนด กรณีที่เพิ่มข้อมูลทางเลือกการการออกแบบที่มีค่าผลการใช้เหล็กเสริมที่น้อยที่สุด และมากที่สุด ตามลำดับ โดยผลของโปรแกรมประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

1. ตารางแสดงผลทางเลือกการออกแบบเหล็กเสริมจากข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคารแสดงเป็นตาราง ประกอบด้วย

1.1 รายชื่อคานทางเลือก(Beam Type)

1.2 ความยาวเหล็กที่ต้องการ (Length)ใช้สำหรับคานทางเลือกนั้นๆ เหล็กเสริมจะมี 2 ลักษณะ คือเหล็กสำหรับเสริมปลอกคาน เช่น RB6 และ RB9 และเหล็กเสริมกำลังหลัก เช่น DB12 DB16 DB20 ขึ้นอยู่กับการออกแบบเพื่อรับแรงตามกรณีและตำแหน่งของคาน

1.3 จำนวนที่ต้องการ (Number) ตัดในแต่ใช้สำหรับคานทางเลือกนั้นๆ

2. ตารางแสดงผลจากโปรแกรมซึ่งจะสร้างแผนการตัดเหล็กซึ่งจะมีข้อมูลดังที่แสดงในตารางที่ ดังนี้

2.1 Stock Bar # หมายถึง จำนวนเหล็กวัตถุดิบที่ต้องการใช้ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการเลือกใช้ เหล็กความยาว 12 เมตร

2.2 Part 1-15 หมายถึง ความยาวชิ้นส่วนเหล็กที่ต้องการใช้ใน Stock Bar # นั้นๆ

2.3 Summary หมายถึง ตัวเลขแสดงขนาดความยาวรวมในกิจกรรม Stock Bar # นั้นๆ มีหน่วยเป็นเมตร

2.4 Remain หมายถึง ตัวเลขแสดงค่าเศษเหล็กที่เหลือจากกิจกรรมการตัดใน Stock Bar # นั้นๆ มีหน่วยเป็นเมตร

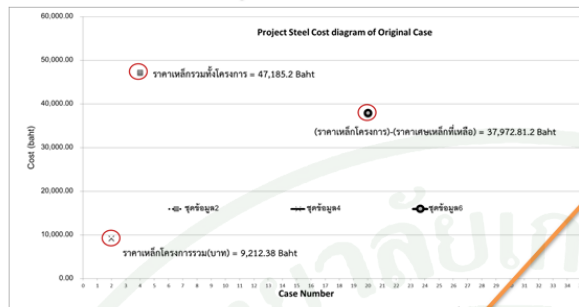
2.5 Summary Remain หมายถึง ตัวเลขแสดงค่าเศษเหล็กที่เหลือจากกิจกรรมการตัดใน Stock Bar # ทั้งหมดในแต่ละ Bar Type หรือชนิดเหล็กนั้นๆ มีหน่วยเป็นเมตร

3. กราฟแสดงผลการใช้เหล็กรวมในแต่ละ กรณีการจัดเรียงสับเปลี่ยน (Combination) หรือ แต่ละกรณี ดังที่แสดงในภาพประกอบที่ ดังนี้

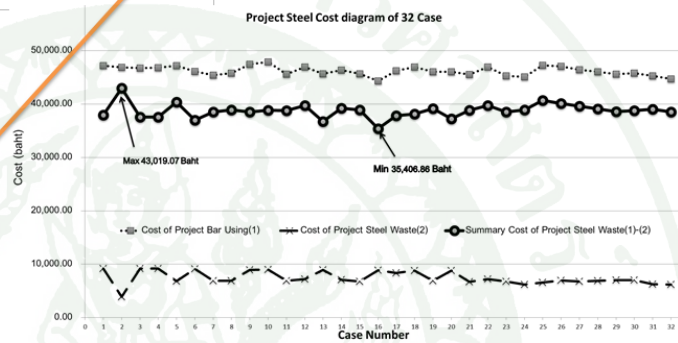
3.1 กราฟแสดงผลการใช้เหล็กรวมของทุกกรณีการจัดเรียงสับเปลี่ยนและแสดงค่า Original Design หรือที่ผู้ออกแบบกำหนดแสดงค่า Max หรือค่าที่มากที่สุด และแสดงค่า MIN ค่าที่น้อยที่สุดมีหน่วยเป็นกิโลกรัม พร้อมแสดงเส้นภาพรวมแนวโน้มของค่าแสดง และเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง

3.2 กราฟแสดงผลการใช้เหล็กในแต่ละขนาดของทุกกรณีการจัดเรียงสับเปลี่ยน และแสดงค่า Original Design หรือที่ผู้ออกแบบกำหนดแสดงค่า Max หรือค่าที่มากที่สุด และแสดงค่า MIN ค่าที่น้อยที่สุดมีหน่วยเป็นกิโลกรัม พร้อมแสดงเส้นภาพรวมแนวโน้มของค่าแสดง และเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง

Bar cut Optimization



Bar cut With BIM



ภาพที่ 24 ความแตกต่างของการใช้ Barcut Optimization และการใช้ Barcut Optimization ร่วมกับ Building Information Modeling

ตารางที่ 5 ตารางข้อมูลหลักที่โปรแกรมต้องการ

N0.	RB6			RB9			DB12			DB16			DB20			DB25		
	Beam type	Length m.	Number ea.	Length m.	Number ea.	Length m.	Number ea.	Length m.	Number ea.	Length m.	Number ea.	Length m.	Number ea.	Length m.	Number ea.	Length m.	Number ea.	Number ea.
1	B1.1.1	0.8	12	0	0	2.175	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	B1.2.1	0.8	13	0	0	2.3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	B1.3.1	0.8	29	0	0	4.85	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	B4.1.1	1	27	0	0	5.075	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	B4.2.1	1	36	0	0	6.75	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	B4.3.1	1	20	0	0	3.9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	B5.1.1	1	23	0	0	4.45	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	B6.1.1	1	23	0	0	0	0	4.45	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	B16.1.B	0	0	1	54	10.25	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	B17.1.A	1.1	23	1.05	51	0	0	10.25	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	B18.1.A	4.8	68	0	0	10.4	6	10.4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	B19.1.B	0	0	3.4	19	1.75	2	5.65	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	B20.1.B	0	0	1.4	25	1.75	2	0	0	0	0	7.65	4	0	0	0	0	0
14	B21.1.1	2.2	68	0	0	9.6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	B22.1.1	1	55	0	0	9.85	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	B23.1.1	1	55	0	0	9.85	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	B1.4.1	0.8	19	0	0	3.25	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	B1.5.1	0.8	13	0	0	2.35	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	B2.1.1	0.8	19	0	0	3.25	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	B2.2.1	0.8	23	0	0	3.25	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 5 (ต่อ)

N0.	RB6			RB9			DB12			DB16			DB20			DB25		
	Beam type		Length m.	Number		Length m.	Number		Length m.	Number		Length m.	Number		Length m.	Number		Length m.
				ea.			ea.			ea.			ea.			ea.		
21	B2.3.1		0.8	27	0	0	3.25	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	B3.1.1		0.8	23	0	0	0	0	3.9	4	0	0	0	0	0	0	0	0
23	B4.4.1		1	31	0	0	5.55	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	B4.5.1		1	23	0	0	4.4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	B4.6.1		1	11	0	0	2.35	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	B4.7.1		1	23	0	0	4.425	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	B5.2.1		1	20	0	0	3.9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	B5.3.1		1	15	0	0	2.9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	B7.1.1		0	0	1.1	27	0	0	4.425	8	0	0	0	0	0	0	0	0
30	B8.1.1		0	0	1.3	37	0	0	0	0	5.75	6	0	0	0	0	0	0
31	B9.1.1		1	57	0	0	10.25	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	B10.1.1		1	67	0	0	11.65	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	B11.1.A		1	25	0	0	4.6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	B12.1.A		1.8	29	0	0	9.6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	B13.1.B		0	0	1	45	8.425	10	8.425	2	0	0	0	0	0	0	0	0
36	B14.1.B		1	77	0	0	11.45	8	11.45	2	0	0	0	0	0	0	0	0
37	B15.1.B		1	44	1	27	10.95	6	10.95	4	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 6 ข้อมูลผลจากโปรแกรมแนะนำแผนการคัดเลือก RB6 กรณีที่เหมาะสมที่สุด (Combination 616)

RB6																	
Stock Bar #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
1	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.20	0.80	1.00	0.80	-	-	-	-	11.60	0.40
2	0.80	4.80	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.20	0.80
3	1.00	4.80	1.00	4.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
4	1.00	1.00	0.80	1.00	4.80	1.00	0.80	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.40	0.60
5	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	1.00	0.80	0.80	1.00	0.80	1.10	-	-	11.90	0.10
6	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	-	-	-	-	11.40	0.60
7	0.80	1.00	1.80	1.10	1.00	1.00	0.80	1.00	2.20	1.00	-	-	-	-	-	11.70	0.30
8	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	0.80	1.00	2.20	1.00	-	-	-	-	11.80	0.20
9	1.00	0.80	1.00	0.80	1.80	1.80	1.00	1.10	1.10	1.00	-	-	-	-	-	11.40	0.60
10	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	4.80	0.80	0.80	1.00	-	-	-	-	-	-	11.80	0.20
11	0.80	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	4.80	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	12.00	-
12	1.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	0.80	-	-	-	-	11.40	0.60
13	0.80	0.80	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	4.80	-	-	-	-	-	-	-	11.20	0.80
14	1.80	1.00	1.00	1.00	1.80	0.80	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	-	-	-	-	11.80	0.20
15	2.20	0.80	1.00	0.80	0.80	1.00	0.80	0.80	0.80	1.10	1.00	0.80	-	-	-	11.90	0.10
16	1.00	1.00	1.00	1.00	4.80	0.80	0.80	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.40	0.60
17	0.80	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	11.60	0.40
18	1.00	1.00	2.20	0.80	1.00	1.10	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	11.90	0.10
19	1.00	1.00	2.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	-	-	-	-	11.80	0.20
20	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	-	-	-	11.40	0.60

ตารางที่ 6 (ต่อ)

RB6																	
Stock Bar #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
21	0.80	1.00	2.20	0.80	4.80	0.80	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	11.40	0.60
22	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	11.40	0.60
23	1.00	1.00	0.80	1.10	1.10	1.00	0.80	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	-	-	-	11.60	0.40
24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	-	-	-	11.80	0.20
25	4.80	0.80	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.40	0.60
26	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	0.80	1.00	1.80	0.80	0.80	1.00	1.00	-	-	-	11.80	0.20
27	1.00	1.00	1.00	1.80	1.00	2.20	1.00	1.80	1.00	-	-	-	-	-	-	11.80	0.20
28	0.80	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	1.00	1.00	0.80	0.80	1.00	1.00	1.00	-	-	12.00	-
29	4.80	1.00	2.20	1.00	0.80	0.80	0.80	-	-	-	-	-	-	-	-	11.40	0.60
30	2.20	1.80	1.00	1.10	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	-	-	-	-	-	11.50	0.50
31	2.20	0.80	0.80	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	1.00	-	-	-	-	11.40	0.60
32	1.00	4.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
33	2.20	1.00	2.20	4.80	0.80	0.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.80	0.20
34	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	2.20	0.80	1.00	0.80	1.00	-	-	-	-	11.90	0.10
35	4.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.80	0.20
36	1.00	2.20	1.00	1.10	0.80	0.80	0.80	0.80	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	11.50	0.50
37	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	0.80	0.80	1.00	1.00	0.80	-	-	-	11.20	0.80
38	1.00	1.00	1.80	0.80	1.00	4.80	0.80	-	-	-	-	-	-	-	-	11.20	0.80
39	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	2.20	1.00	0.80	-	-	-	-	11.90	0.10
40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.20	1.00	1.00	1.00	0.80	-	-	-	-	12.00	-

ตารางที่ 6 (ต่อ)

RB6																	
Stock Bar #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
41	4.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.80	0.20
42	1.00	0.80	1.00	1.00	4.80	0.80	1.00	0.80	-	-	-	-	-	-	-	11.20	0.80
43	1.80	0.80	1.00	2.20	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	-	-	-	-	-	11.40	0.60
44	1.00	1.00	1.00	1.00	4.80	0.80	0.80	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.40	0.60
45	4.80	1.00	1.00	1.00	2.20	1.00	0.80	-	-	-	-	-	-	-	-	11.80	0.20
46	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	-	-	-	11.60	0.40
47	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	2.20	1.00	2.20	0.80	1.00	-	-	-	-	-	12.00	-
48	4.80	1.00	0.80	1.80	1.00	0.80	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	11.20	0.80
49	2.20	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	11.40	0.60
50	0.80	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	2.20	1.00	1.00	-	-	-	-	11.60	0.40
51	4.80	2.20	0.80	1.00	1.00	0.80	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
52	0.80	1.00	1.00	1.00	2.20	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	11.80	0.20
53	1.00	0.80	1.00	0.80	0.80	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	-	-	12.00	-
54	1.00	1.00	0.80	2.20	1.10	1.00	1.80	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	11.90	0.10
55	1.00	1.00	0.80	0.80	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	11.40	0.60
56	1.00	1.00	0.80	0.80	1.00	1.00	1.00	4.80	-	-	-	-	-	-	-	11.40	0.60
57	1.00	1.10	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	11.80	0.20
58	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	0.80	1.00	-	-	-	11.70	0.30
59	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4.80	0.80	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
60	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	-	-	-	11.40	0.60

ตารางที่ 6 (ต่อ)

RB6																	
Stock Bar #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
61	1.00	4.80	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	-	-	-	-	-	-	-	11.40	0.60
62	4.80	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	11.40	0.60
63	1.00	0.80	1.00	4.80	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
64	1.10	1.00	1.00	4.80	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.90	0.10
65	2.20	1.00	2.20	0.80	2.20	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.40	0.60
66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.20	4.80	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
67	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00	1.80	1.00	1.00	0.80	-	-	-	-	11.70	0.30
68	1.00	4.80	4.80	1.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.70	0.30
69	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.20	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	12.00	-
70	1.00	1.00	0.80	4.80	0.80	1.10	0.80	1.10	-	-	-	-	-	-	-	11.40	0.60
71	4.80	4.80	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
72	0.80	1.00	1.00	0.80	2.20	1.00	2.20	1.10	1.00	0.80	-	-	-	-	-	11.90	0.10
73	2.20	1.00	2.20	1.00	1.00	1.00	1.80	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.20	0.80
74	1.80	0.80	0.80	2.20	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	11.70	0.30
75	1.00	1.00	2.20	1.80	1.00	4.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.80	0.20
76	1.00	4.80	1.00	1.00	0.80	0.80	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.40	0.60
77	4.80	4.80	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
78	4.80	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
79	1.00	2.20	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	12.00	-
80	1.00	0.80	1.00	2.20	2.20	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	12.00	-

ตารางที่ 6 (ต่อ)

RB6																	
Bar Stock #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
81	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	12.00	-
82	4.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	-	-	-	-	-	-	-	11.40	0.60
83	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.80	2.20	0.80	-	-	-	-	-	11.60	0.40
84	2.20	4.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
85	4.80	1.00	2.20	2.20	0.80	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
86	1.80	1.00	1.80	1.00	2.20	1.00	1.00	2.20	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
87	4.80	1.00	2.20	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
88	4.80	4.80	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
89	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4.80	-	-	-	-	-	-	-	11.80	0.20
90	1.00	4.80	4.80	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
91	1.80	4.80	1.00	1.80	2.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.80	4.80	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
93	1.80	4.80	2.20	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.80	0.20
94	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.20	1.00	-	-	-	-	-	11.20	0.80
95	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.20	-	-	-	-	-	12.00	-
96	4.80	1.00	1.00	1.00	1.00	2.20	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
97	2.20	1.00	1.00	1.00	1.00	2.20	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	11.40	0.60
98	4.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.20	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
99	4.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.80	0.20
100	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.20	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	11.20	0.80

ตารางที่ 7 (ต่อ)

RB6																	
Bar Stock #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
101	4.80	1.00	1.00	2.20	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
102	2.20	1.00	1.00	1.00	4.80	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
103	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	12.00	-
104	4.80	4.80	2.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.80	0.20
105	4.80	4.80	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
106	1.00	4.80	2.20	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
107	2.20	4.80	1.00	1.00	2.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.20	0.80
108	4.80	1.00	1.00	1.00	1.00	2.20	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
109	4.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.80	0.20
110	1.00	1.00	4.80	4.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
111	1.00	1.00	4.80	1.00	1.00	1.00	2.20	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
112	1.00	1.00	2.20	1.00	1.00	4.80	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
113	2.20	1.00	1.00	1.00	4.80	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
114	2.20	2.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	11.40	0.60
115	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	12.00	-
116	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	12.00	-
117	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	12.00	-
118	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	12.00	-
119	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	12.00	-
Summary	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.10

ตารางที่ 7 ข้อมูลผลจากโปรแกรมแนะนำแผนการตัดเหล็ก RB9 กรณีที่เหมาะสมที่สุด (Combination 616)

RB9																	
Bar Stock #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
1	3.40	1.05	3.40	1.30	1.10	1.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.55	0.45
2	3.40	1.10	1.00	1.30	1.05	1.05	1.00	1.05	1.00	-	-	-	-	-	-	11.95	0.05
3	1.00	1.30	1.00	3.40	3.40	1.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.20	0.80
4	1.40	1.05	1.00	1.05	1.40	1.30	1.10	1.40	1.30	-	-	-	-	-	-	11.00	1.00
5	3.40	1.30	1.00	1.40	1.30	1.40	1.40	-	-	-	-	-	-	-	-	11.20	0.80
6	1.10	1.05	3.40	1.10	1.00	1.40	1.40	1.10	-	-	-	-	-	-	-	11.55	0.45
7	1.30	1.05	1.40	1.00	1.00	1.05	1.10	1.30	1.05	1.10	-	-	-	-	-	11.35	0.65
8	1.05	1.05	1.05	1.05	1.00	1.10	1.05	1.30	1.30	1.05	-	-	-	-	-	11.00	1.00
9	3.40	1.30	1.30	1.30	1.05	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.35	0.65
10	1.05	1.30	1.00	1.30	3.40	1.00	1.05	1.05	-	-	-	-	-	-	-	11.15	0.85
11	1.30	1.00	3.40	1.30	1.00	1.00	1.00	1.10	-	-	-	-	-	-	-	11.10	0.90
12	3.40	3.40	1.00	1.30	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.10	0.90
13	1.10	1.00	1.00	1.00	3.40	1.00	1.00	1.00	1.30	-	-	-	-	-	-	11.80	0.20
14	1.05	1.30	1.00	1.00	1.00	3.40	1.30	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.05	0.95
15	3.40	1.30	1.05	1.30	1.00	1.00	1.00	1.10	-	-	-	-	-	-	-	11.15	0.85
16	1.30	1.30	1.10	3.40	1.00	1.05	1.30	1.00	-	-	-	-	-	-	-	11.45	0.55
17	1.10	1.00	3.40	1.05	1.00	1.00	1.30	1.00	1.05	-	-	-	-	-	-	11.90	0.10
18	1.05	3.40	1.10	1.00	1.00	3.40	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	11.95	0.05
19	1.00	1.30	1.00	1.05	1.05	1.05	1.00	1.00	1.10	1.00	1.10	-	-	-	-	11.65	0.35
20	1.10	1.30	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	-	-	-	-	11.60	0.40

ตารางที่ 7 (ต่อ)

RB9																	
Bar Stock #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
21	1.30	1.30	1.30	1.30	1.05	1.00	1.00	1.00	1.05	1.00	-	-	-	-	-	11.30	0.70
22	1.00	1.10	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.05	1.10	1.05	1.05	-	-	-	-	11.45	0.55
23	1.05	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30	1.05	1.00	1.30	1.00	-	-	-	-	11.80	0.20
24	1.05	1.00	1.05	1.05	1.10	1.00	1.05	1.05	1.05	1.00	1.00	-	-	-	-	11.40	0.60
25	1.00	1.05	1.00	1.00	1.00	1.10	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	11.20	0.80
26	1.00	1.00	1.05	1.05	1.05	1.00	1.05	1.00	1.00	1.05	1.00	-	-	-	-	11.25	0.75
27	1.00	1.05	1.00	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	11.10	0.90
28	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	12.00	-
29	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	12.00	-
30	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	9.00
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.45

ตารางที่ 8 ข้อมูลผลจากโปรแกรมแนะนำแผนการตัดเหล็ก DB12 กรณีที่เหมาะสมที่สุด (Combination 616)

DB12																	
Bar Stock #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
1	9.60	2.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
2	4.40	2.40	4.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.20	0.80
3	9.85	1.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
4	4.43	3.90	2.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.73	1.28
5	9.60	2.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.90	0.10
6	9.60	2.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.78	0.22
7	3.25	3.25	3.25	2.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.93	0.07
8	9.85	1.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40
9	10.25	1.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
10	6.75	4.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.35	0.65
11	3.90	6.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.65	1.35
12	2.35	2.30	3.25	3.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.15	0.85
13	11.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.65	0.35
14	4.40	2.30	2.35	2.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.95	0.05
15	11.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.65	0.35
16	11.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.65	0.35
17	4.70	4.43	2.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.48	0.53
18	11.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.65	0.35
19	9.60	2.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.78	0.22
20	9.60	2.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.95	0.05

ตารางที่ 8 (ต่อ)

DB12																	
Bar Stock #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
21	11.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.65	0.35
22	3.25	3.90	4.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.75	0.25
23	4.70	2.40	4.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.53	0.48
24	10.25	1.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-
25	3.90	3.25	3.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.40	1.60
26	4.85	4.43	2.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.58	0.42
27	10.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.25	1.75
28	9.60	2.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.95	0.05
29	5.55	3.00	3.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.80	0.20
30	9.60	2.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.78	0.22
31	5.08	4.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.68	2.33
32	5.55	4.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.15	1.85
33	10.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.40	1.60
34	11.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.65	0.35
35	5.55	3.25	2.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.70	0.30
36	9.60	2.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.95	0.05
37	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
38	11.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.65	0.35
39	11.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.65	0.35
40	4.85	4.40	2.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40

ตารางที่ 8 (ต่อ)

DB12																	
Bar Stock #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
41	3.25	4.85	3.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.35	0.65
42	9.60	2.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.95	0.05
43	11.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.65	0.35
44	9.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.60	2.40
45	9.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.60	2.40
46	6.75	5.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.83	0.17
47	5.55	4.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.40	1.60
48	5.08	2.90	3.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.23	0.77
49	3.25	6.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.00	2.00
50	2.90	3.90	3.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.70	1.30
51	9.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.60	2.40
52	3.25	3.25	3.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.75	2.25
53	3.25	3.00	4.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.70	1.30
54	4.70	5.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.78	2.23
55	3.25	4.70	3.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.85	0.15
56	10.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.25	1.75
57	10.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.40	1.60
58	4.45	4.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.15	2.85
59	4.70	2.90	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.60	1.40
60	4.70	4.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.15	2.85

ตารางที่ 8 (ต่อ)

DB12																	
Bar Stock #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
65	4.45	3.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.45	1.55
66	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
67	10.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.40	1.60
68	3.90	3.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.90	2.10
69	10.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.40	1.60
70	10.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.40	1.60
71	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
72	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
73	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
74	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
75	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
76	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	9.00
Summary	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84.25

ตารางที่ 9 ข้อมูลผลจากโปรแกรมแนะนำแผนการคัดเลือก DB16 กรณีที่เหมาะสมที่สุด (Combination 616)

DB16																	
Bar Stock #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
1	10.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.95	1.05
2	4.45	5.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.10	1.90
3	4.45	4.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.88	3.13
4	5.65	3.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.55	2.45
5	8.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.43	3.58
6	3.90	5.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.55	2.45
7	8.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.43	3.58
8	10.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.95	1.05
9	5.65	3.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.55	2.45
10	10.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.25	1.75
11	10.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.25	1.75
12	10.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.25	1.75
13	3.90	4.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.35	3.65
14	8.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.83	3.18
15	8.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.83	3.18
16	8.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.83	3.18
17	10.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.25	1.75
18	10.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.25	1.75
19	4.45	4.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.88	3.13
20	10.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.95	1.05

ตารางที่ 9 (ต่อ)

DB16																	
Bar Stock #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
21	8.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.83	3.18
22	8.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.83	3.18
23	10.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.95	1.05
24	4.43	4.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.85	3.15
25	10.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.25	1.75
26	10.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.25	1.75
27	10.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.25	1.75
28	4.43	4.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.85	3.15
29	10.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.25	1.75
30	4.43	4.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.85	3.15
31	5.08	4.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.68	2.33
32	5.55	4.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.15	1.85
33	10.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.40	1.60
34	11.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.65	0.35
35	5.55	3.25	2.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.70	0.30
36	9.60	2.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.95	0.05
37	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
38	11.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.65	0.35
39	11.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.65	0.35
40	4.85	4.40	2.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.60	0.40

ตารางที่ 9 (ต่อ)

DB16																	
Bar Stock #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
41	3.25	4.85	3.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.35	0.65
42	9.60	2.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.95	0.05
43	11.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.65	0.35
44	9.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.60	2.40
45	9.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.60	2.40
46	6.75	5.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.83	0.17
47	5.55	4.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.40	1.60
48	5.08	2.90	3.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.23	0.77
49	3.25	6.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.00	2.00
50	2.90	3.90	3.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.70	1.30
51	9.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.60	2.40
52	3.25	3.25	3.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.75	2.25
53	3.25	3.00	4.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.70	1.30
54	4.70	5.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.78	2.23
55	3.25	4.70	3.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.85	0.15
56	10.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.25	1.75
57	10.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.40	1.60
58	4.45	4.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.15	2.85
59	4.70	2.90	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.60	1.40
60	4.70	4.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.15	2.85

ตารางที่ 9 (ต่อ)

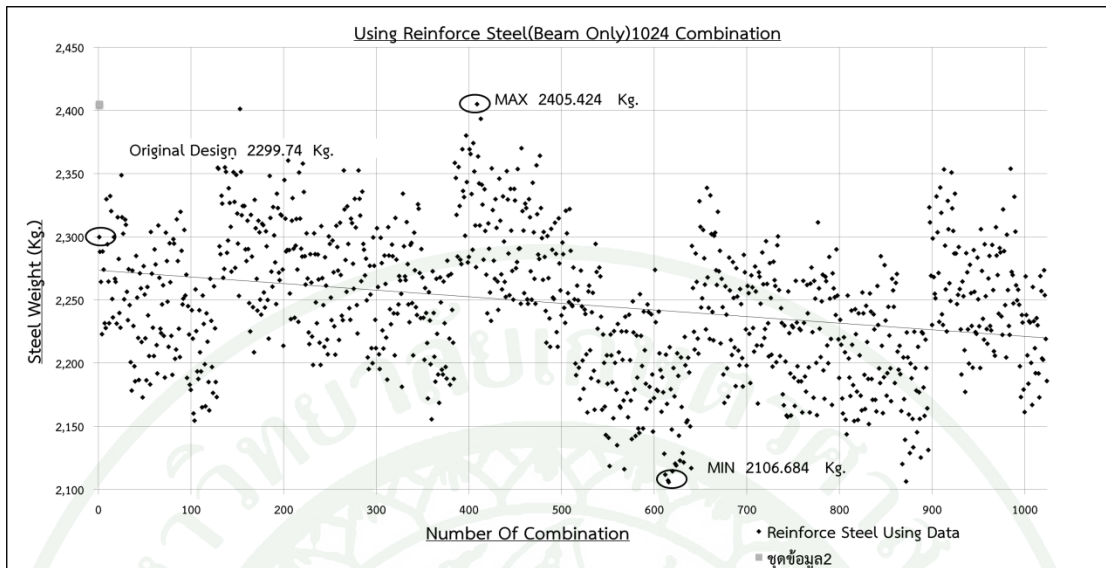
DB16																	
Stock Bar #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
61	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
62	4.45	3.00	3.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.35	0.65
63	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
64	10.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.40	1.60
65	4.45	3.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.45	1.55
66	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
67	10.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.40	1.60
68	3.90	3.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.90	2.10
69	10.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.40	1.60
70	10.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.40	1.60
71	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
72	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
73	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
74	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
75	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.85	2.15
76	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	9.00
Summary																	301.38

ตารางที่ 10 ข้อมูลผลจากโปรแกรมแนะนำแผนการตัดเหล็ก DB20 กรณีที่เหมาะสมที่สุด (Combination 616)

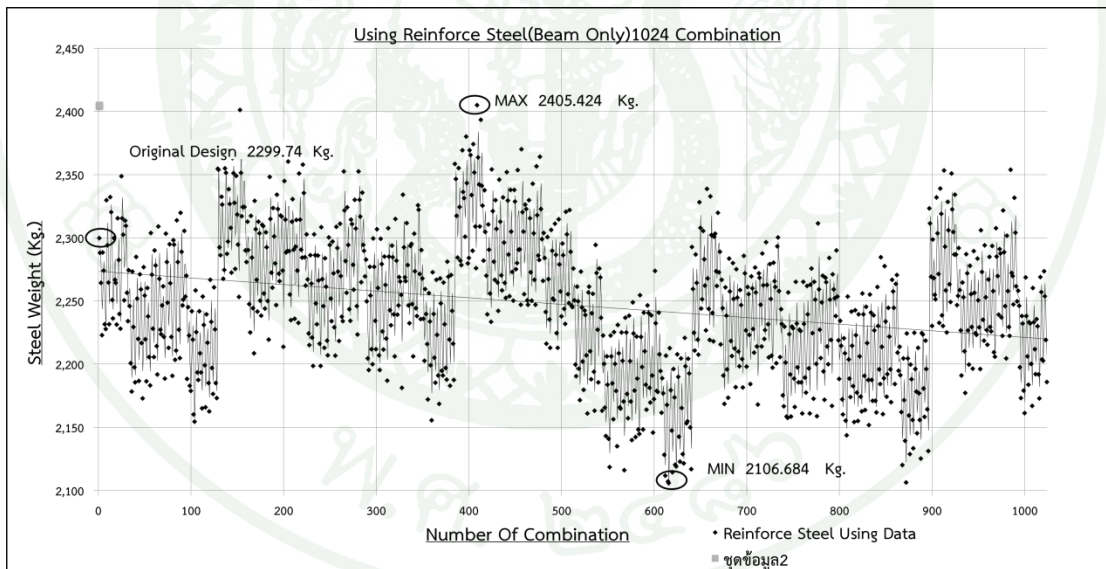
DB20																	
Stock Bar #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	Remain
1	4.85	4.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.70	2.30
2	4.85	5.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.60	1.40
3	4.85	5.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.60	1.40
4	5.75	5.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.50	0.50
5	5.75	5.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.50	0.50
Summary																	6.10

ตารางที่ 11 ข้อมูลผลจากโปรแกรมแนะนำแผนการคัดเลือก DB25 กรณีที่เหมาะสมที่สุด (Combination 616)

DB25																	Remain
Stock Bar #	Part1	Part2	Part3	Part4	Part5	Part6	Part7	Part8	Part9	Part10	Part11	Part12	Part13	Part14	Part15	Summar	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FALSE



ภาพที่ 25 กราฟแสดงผลการใช้เหล็กเสริมกำลังคอนกรีตในหน่วยกิโลกรัมเฉพาะส่วนคาน 1024 กรณี



ภาพที่ 26 กราฟแสดงเส้นแนวโน้มการใช้เหล็กเสริมกำลังคอนกรีตในหน่วยกิโลกรัมเฉพาะส่วนคาน 1024 กรณี

การสอบทวนโปรแกรม (Program Verification)

การทวนสอบ (Verification) คือ กระบวนการประเมินค่าของระบบ หรือ ส่วนประกอบ เพื่อกำหนดว่า ซอฟต์แวร์หรือ ส่วนประกอบ ที่จะออกมานั้นเป็นไปตามความต้องการ ซึ่งจะทำในช่วงก่อนการเริ่มทำการ พัฒนาซอฟต์แวร์ โดยแบ่งการทวนสอบความถูกต้องของโปรแกรมได้ 2 ส่วนดังต่อไปนี้

1. การทวนสอบความถูกต้องของอัลกอริทึมการจัดเรียงสับเปลี่ยนกรณี
2. การทวนสอบความถูกต้องของอัลกอริทึมแผนการตัดเหล็ก

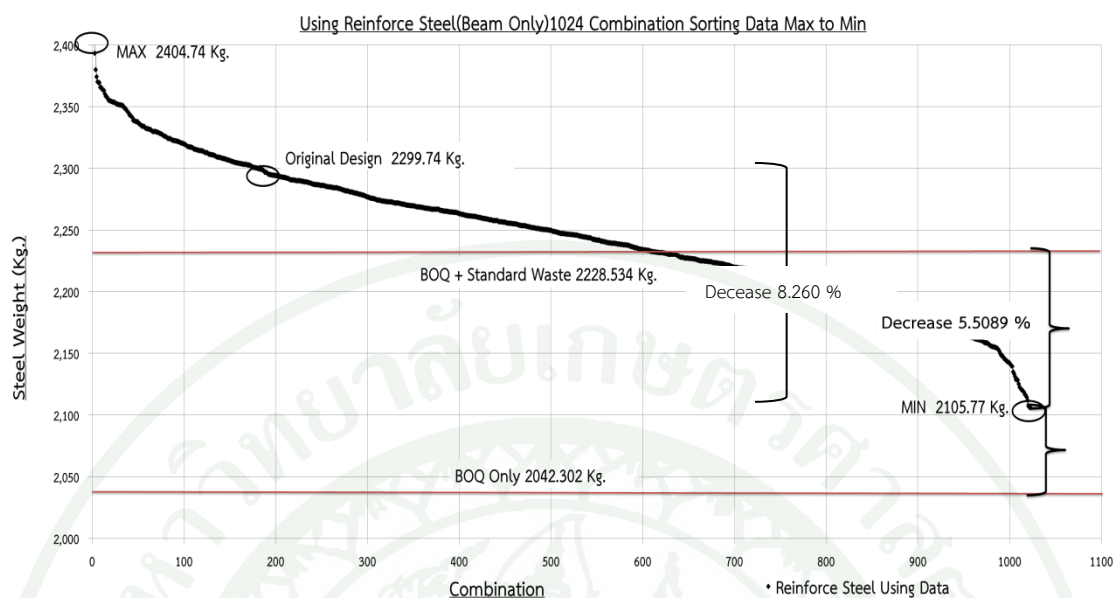
1. การทวนสอบความถูกต้องของอัลกอริทึมการจัดเรียงสับเปลี่ยนกรณี โดยการตรวจสอบผลการสร้างกรณีการจัดเรียงสับเปลี่ยนการมีความถูกต้องหรือไม่ โดยการตรวจสอบจากตารางที่ได้ผลจากโปรแกรมต้องได้ค่ากรณีการจัดเรียงสับเปลี่ยนที่ไม่เรียกข้อมูลรูปแบบคานประเภทเดียวกันมาซ้ำในกรณีการจัดเรียงเดียวกัน

จากการสุ่มตรวจสอบกรณีที่ 1, กรณีที่ 616, และกรณีที่ 1024 พบว่าผลที่ได้จากโปรแกรมมีความถูกต้องโดยมีการเรียกข้อมูลรูปแบบคานครบทุกรูปแบบและไม่เกิดการเรียกข้อมูลรูปแบบคานเดียวกันซ้ำในการสร้างกรณีการจัดเรียงสับเปลี่ยนครั้งเดียวกัน

2. การทวนสอบความถูกต้องของอัลกอริทึมแผนการตัดเหล็กมีวิธีการทวนสอบโดยการสุ่มตรวจสอบจากผลข้อมูลแผนการจัดเหล็กจากโปรแกรกดังตารางที่ 5 ถึง ตารางที่ 18 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมโดยการเปรียบเทียบค่าเศษที่เหลือจากการตัดว่ามีค่าใดมากกว่าชิ้นงานที่สั้นที่สุดหรือไม่ หากไม่มีชิ้นงานใดเกินความยาวของชิ้นงานที่สั้นที่สุด ถือว่าโปรแกรมมีความถูกต้อง (ยกเว้นแผนแผนการตัดชิ้นงานแถวสุดท้ายของทุกตารางเพราะถือว่าการใช้เหล็กจนครบทุกชิ้นงานแล้วจึงจำเป็นต้องสร้างแผนการตัดเหล็กชิ้นใหม่และเหลือเศษเล็กน้อยแล้วแต่กรณี) ซึ่งผลการสุ่มตรวจสอบพบว่าผลจากโปรแกรกดังตารางที่ 5 ถึง ตารางที่ 18 มีความถูกต้องทุกตาราง

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบผลการสร้างกรณีจัดเรียงสับเปลี่ยนเพื่อสอบทวนความถูกต้อง

number	Combination			number	Combination		
	1	616	1024		1	616	1024
	Beam Type	Beam Type	Beam Type		Beam Type	Beam Type	Beam Type
1	B1.1.1	B1.1.1	B1.1.1	22	B3.1.1	B3.1.1	B3.1.1
2	B1.2.1	B1.2.1	B1.2.1	23	B4.4.1	B4.4.1	B4.4.1
3	B1.3.1	B1.3.1	B1.3.1	24	B4.5.1	B4.5.1	B4.5.1
4	B4.1.1	B4.1.1	B4.1.1	25	B4.6.1	B4.6.1	B4.6.1
5	B4.2.1	B4.2.1	B4.2.1	26	B4.7.1	B4.7.1	B4.7.1
6	B4.3.1	B4.3.1	B4.3.1	27	B5.2.1	B5.2.1	B5.2.1
7	B5.1.1	B5.1.1	B5.1.1	28	B5.3.1	B5.3.1	B5.3.1
8	B6.1.1	B6.1.1	B6.1.1	29	B7.1.1	B7.1.1	B7.1.1
9	B16.1.A	B16.1.B	B16.1.B	30	B8.1.1	B8.1.1	B8.1.1
10	B17.1.A	B17.1.A	B17.1.B	31	B9.1.1	B9.1.1	B9.1.1
11	B18.1.A	B18.1.A	B18.1.B	32	B10.1.1	B10.1.1	B10.1.1
12	B19.1.A	B19.1.B	B19.1.B	33	B11.1.A	B11.1.A	B11.1.B
13	B20.1.A	B20.1.B	B20.1.B	34	B12.1.A	B12.1.A	B12.1.B
14	B21.1.1	B21.1.1	B21.1.1	35	B13.1.A	B13.1.B	B13.1.B
15	B22.1.1	B22.1.1	B22.1.1	36	B14.1.A	B14.1.B	B14.1.B
16	B23.1.1	B23.1.1	B23.1.1	37	B15.1.A	B15.1.B	B15.1.B
17	B1.4.1	B1.4.1	B1.4.1				
18	B1.5.1	B1.5.1	B1.5.1				
19	B2.1.1	B2.1.1	B2.1.1				
20	B2.2.1	B2.2.1	B2.2.1				
21	B2.3.1	B2.3.1	B2.3.1				



ภาพที่ 27 กราฟแสดงการใช้เหล็กเสริมกำลังคอนกรีตในคาน ใน 1024 กรณี แบบจัดเรียงข้อมูลจากมากไปหาน้อย

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบผลจากโปรแกรมแนะนำการใช้เหล็กเสริม กรณีผู้ออกแบบกำหนด กรณีที่เพิ่มข้อมูลทางเลือกการการออกแบบที่มีค่าผลการใช้เหล็กเสริมที่น้อยที่สุด และมากที่สุดตามลำดับ

Bar Type	Original Design		Combination 616		Comparison	
	Original Case		Minimum Case			
	Bar.(12m.)	Kg.	Bar.(12m.)	Kg.	Bar.(12m.)	Kg.
RB6	135	359.64	119	317.016	16	42.624
RB9	14	83.832	30	179.64	-16	-95.808
DB12	67	713.952	76	809.856	-9	-95.904
DB16	53	1003.608	30	568.08	23	435.528
DB20	3	88.776	5	147.96	-2	-59.184
DB25	0	0	0	0	0	0
SUMMARY		2299.74		2105.77		193.97

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลการทดลองพบว่าโปรแกรมสามารถแสดงผลเพื่อเปรียบเทียบให้ทราบการใช้เหล็กจากข้อมูลทางเลือกการออกแบบร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เพื่อแนะนำทางเลือกการออกแบบเหล็กเสริมกำลังที่มีความเหมาะสมกว่าการเลือกใช้โปรแกรม Barcut Optimization ที่มีผู้ใช้งานก่อสร้างบางโครงการในปัจจุบัน เนื่องจากการนำทางเลือกที่เพิ่มขึ้นมาใช้ในการพิจารณาเปรียบเทียบแผนการตัดเหล็กที่จะช่วยลดการใช้เหล็กได้มากกว่าและเกิดเศษเหล็กน้อยลง โดยจากข้อมูลที่ใช้วิจัยใช้ในการทดลอง โปรแกรมได้แสดงผลว่าแผนการตัดเหล็กในกรณี 616 (จาก 1024 กรณี) มีการใช้เหล็กเสริมกำลังโดยคิดเป็นน้ำหนักรวมเท่ากับ 2,105.77 กิโลกรัม และเกิดเศษเหล็กที่เหลือจากการตัดคิดเป็น 229.78 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อเทียบจากการประมาณการของผู้ออกแบบที่คูณด้วยร้อยละการสูญเสียไว้ตามมาตรฐาน ดังนี้คือ RB6คูณด้วยร้อยละการสูญเสีย5 %,RB9 คูณด้วยร้อยละการสูญเสีย7%,DB12คูณด้วยร้อยละการสูญเสีย9%,DB16คูณด้วยร้อยละการสูญเสีย11% ,DB20 คูณด้วยร้อยละการสูญเสีย13% และ DB25คูณด้วยร้อยละการสูญเสีย15% คิดเป็นน้ำหนักรวมได้เท่ากับ 2,228.534 กิโลกรัม หากผู้ออกแบบทำการใช้โปรแกรมแนะนำแผนการตัดเหล็กแบบไม่ได้ทำการเพิ่มข้อมูลทางเลือกการออกแบบในการวิเคราะห์ และโปรแกรมได้แนะนำแผนการตัดที่เกิดการใช้เหล็กเสริมคิดเป็นน้ำหนักรวมได้เท่ากับ 2,299.74 กิโลกรัม ซึ่งเห็นได้ว่ามีค่าที่มากกว่า การประมาณการแบบคูณด้วยร้อยละการสูญเสียไว้ตามมาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 3.183 และหากทำการเพิ่มข้อมูลออกแบบทางเลือกซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการเพิ่มทางเลือกการออกแบบในคาน 10 รูปแบบสำหรับคาน 10 ตำแหน่ง เพื่อให้เกิดกรณีการจัดเรียงสับเปลี่ยนทั้งหมด 1,024 กรณี และผลของโปรแกรมได้แสดงว่าทางเลือกในกรณีที่ 616 ซึ่งมีการใช้เหล็กเสริมกำลังที่มีน้ำหนักเหล็กเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการออกแบบเหล็กเสริมคูณด้วยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียไว้ตามมาตรฐาน จะเห็นได้ว่าโปรแกรมสามารถแนะนำแผนการตัดเหล็กที่ประหยัดกว่าโดยคิดเป็นร้อยละ 5.5089 และมีค่าน้ำหนักรวมน้อยกว่า กรณีที่ผู้ออกแบบกำหนดคิดเป็นร้อยละ 8.260 ทั้งนี้หากนำข้อมูลจากระบบจำลองสารสนเทศอาคารมาเพิ่มทางเลือกที่มากขึ้นคาดว่าโปรแกรมจะสามารถแนะนำทางเลือกการตัดเหล็กที่เกิดการใช้เหล็กเสริมกำลังในโครงการได้ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. จากงานวิจัยนี้พบว่าหากทำการเพิ่มทางเลือกการออกแบบหลักโครงสร้างเพิ่มมากขึ้น คาดว่าจะสามารถทำให้ทราบแผนการจัดเรียงหลักที่มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ในการเพิ่มทางเลือกการออกแบบก็จะส่งผลให้การทำงานของโปรแกรมใช้เวลามากยิ่งขึ้น ซึ่งในอนาคตผู้วิจัย จะทำการประยุกต์ใช้และพัฒนาโปรแกรมให้มีการประมวลผลที่ใช้เวลาน้อยลง

2. ในปัจจุบันได้มีผู้พัฒนาอัลกอริทึมเพื่อจัดการกับปัญหาการจัดเรียงชิ้นงานหลายกอลิทึม ซึ่งผู้วิจัยเชื่อว่ายังไม่มีมีการพิสูจน์ทราบได้ว่าอัลกอริทึมใดเป็นกอลิทึมที่ดีที่สุด และงานวิจัยนี้ผู้วิจัย ได้พบว่าอัลกอริทึมที่เลือกนำมาประยุกต์ใช้นี้ยังไม่ใช่อัลกอริทึมที่ดีที่สุดในการจัดการปัญหาการจัดเรียงหลัก เนื่องจากขบวนการบางส่วนใช้วิธีการสุ่มเลือกชิ้นงานมาทำการจัดเรียงประกอบ การตรวจสอบเงื่อนไข จึงต้องมีการทำงานซ้ำหลายรอบเพื่อหาค่าที่ดีกว่าซึ่งทำให้ต้องใช้เวลา ค่อนข้างมากในการประมวลผลของโปรแกรม

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กวี หวังนิเวศน์กุล. 2548. การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้น. เอเชียเพลส, กรุงเทพฯ.
- จักรพันธ์ จ้อยเจริญ. 2524. การศึกษาเพื่อหาวิธีการตัดแบ่งเหล็กเส้นที่เหมาะสม สำหรับหลายโครงการก่อสร้าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วินิต ช่อวิเชียร. 2545. การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง Reinforcedconcretedesign (strengthdesignmethod : SDM). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ.
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. 2539. มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน. พิมพ์ครั้งที่ 5. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- _____. 2540. มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง. พิมพ์ครั้งที่ 2. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- จักรพันธ์ จ้อยเจริญ. 2550. การศึกษาเพื่อหาวิธีการตัดแบ่งเหล็กเส้นที่เหมาะสม สำหรับหลายโครงการก่อสร้าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิรัชชา สุขชี. 2554. การศึกษาการเลือกใช้ แบบจำลองข้อมูลอาคาร สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สมชาย ประสิทธิ์จตุระกุล. 2544. การออกแบบและวิเคราะห์อัลกอริทึม. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- อมร พิมาณมาศ. 2557. แบบเสริมเหล็กคาน. http://www.trf.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=4370:2014,28 พฤษภาคม 2557.
- Autodesk. 2011. **Building Information modeling** Available Source: <http://www.autodesk.com/> January 1, 2012
- Bentley Systems, Incorporated. 2009. **Building Information Modeling** Available Source: <http://www.bentley.com/en-US/>, January 1, 2012.1

- Building SMART. 2012. **Industry Foundation Class (IFC)** Available Source: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview>, January 1, 2012.
- Charles, E. 1974. An **Outline of the Building Description System Research Report No. 50** by Charles Eastman and other Retrieved September, 1974 from <http://eric.ed.gov/?id=ED113833>.
- Davis,H. 2014. **Assessing alternatives for using building information models to manage initial information in building renovation projects** Available Source: <http://rym.fi/results/> , June 10, 2014.
- Graphisoft. 2011. **Building Information modeling** Available Source: <http://www.graphisoft.com/> January 24, 2011.
- Kiziltas, T. 2008. **An Automated Approach For Developing Integrated Model-Based Construction Project Histories to Support Estimation of Activity Production Rates** Available Source: <http://books.google.co.th>, June 10, 2014.
- Kristin, D, 2010. **The Daily Life of Building Information Modeling (BIM)** Available Source: <http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim>, June 29, 2010
- Marvin, P. 2011. **Optimizing a cutting list for least waste.** Available Source:<http://www.excelforum.com/excel-programming-vba-macros/761329-optimizing-a-cutting-list-for-least-waste.html>, January 24, 2011.
- Peter, S. 1998. **A Crash Course in the Mathematics of Infinite Sets.** St. John's Review, 44(2), 35–59. Retrieved August 1, 2011, from <http://www.mathpath.org/concepts/infinity.htm>, January 24, 2011..
- Robbins, H. 1951. "A Stochastic Approximation Method". **Annals of Mathematical Statistics** 22 (3): 105-110.

Schlueter, T. 2009. **INTEGRATED BUILDING DESIGN, INFORMATION AND SIMULATION MODELLING: THE NEED FOR A NEW HIERARCHY**

Available Source: http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2011/P_1708.pdf.

Siddharth, R. 2012. **Exc01-vba-to-create-every-possible-combination-of-a-range** by Siddharth Rout Retrieved May 21, 2012 from <http://stackoverflow.com/questions/10692653/excel-vba-to-create-every-possible-combination-of-a-range>)

Sudathip, P. 2550. ความหมายของ **Algorithm** by Sudathip Retrieved September 2012.

Available Source: http://sudathip55.blogspot.com/p/algorithm_25.html.

Tantisevi, A. 2008, Simulation-Based Identification of Possible Locations for Mobile Cranes on Construction Sites. **Journal of Computing in Civil Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok**, 8(10): 29-35.

Vico Software, Incorporated. 2009. **Building Information modeling**. Available Source: <http://www.vicosoftware.com/> November 5, 2013.

Williams, T. 2013. **VBA - Write all possible combinations of 4 columns of data by Tim Williams**. Available Source: <http://stackoverflow.com/questions/19780016/vba-write-all-possible-combinations-of-4-columns-of-data>, November 5, 2013.



ตารางผนวกที่ 1 ข้อมูลการใช้เหล็กเสริมกำลัง 1024 กรณี (หน่วยเป็นเส้น 12 เมตร)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
1	135	14	67	53	3	0
2	135	14	73	49	3	0
3	135	14	69	50	3	0
4	135	14	74	45	3	0
5	131	18	70	50	3	0
6	131	18	74	47	3	0
7	131	18	70	47	3	0
8	130	18	77	43	3	0
9	131	18	65	55	3	0
10	130	18	69	51	3	0
11	131	18	66	51	3	0
12	131	18	70	47	3	0
13	126	22	66	54	3	0
14	126	22	72	50	3	0
15	127	22	67	49	3	0
16	126	22	73	45	3	0
17	135	14	67	53	3	0
18	135	14	71	49	3	0
19	135	14	69	50	3	0
20	135	14	73	46	3	0
21	131	18	69	52	3	0
22	131	18	73	48	3	0
23	131	18	69	48	3	0
24	131	18	75	44	3	0
25	131	18	65	56	3	0
26	131	18	69	52	3	0
27	131	18	66	53	3	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
28	131	18	70	48	3	0
29	127	22	64	54	3	0
30	126	22	71	50	3	0
31	126	22	66	50	3	0
32	126	22	71	46	3	0
33	132	16	68	46	5	0
34	132	15	73	42	5	0
35	131	15	69	42	5	0
36	131	15	74	38	5	0
37	127	19	71	44	5	0
38	127	19	74	40	5	0
39	127	19	71	40	5	0
40	127	19	77	36	5	0
41	127	19	65	48	5	0
42	127	19	69	44	5	0
43	127	19	66	44	5	0
44	127	19	70	40	5	0
45	123	23	66	46	5	0
46	123	23	72	42	5	0
47	123	23	68	42	5	0
48	123	23	71	38	5	0
49	132	15	67	47	5	0
50	132	15	72	43	5	0
51	131	15	69	43	5	0
52	131	15	73	39	5	0
53	127	19	68	45	5	0
54	127	19	73	41	5	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
55	127	19	70	41	5	0
56	127	19	75	37	5	0
57	127	19	65	49	5	0
58	127	19	69	45	5	0
59	127	19	65	45	5	0
60	127	19	70	41	5	0
61	123	23	66	47	5	0
62	123	23	72	43	5	0
63	123	23	66	43	5	0
64	123	23	71	39	5	0
65	128	20	68	52	3	0
66	128	20	73	47	3	0
67	128	20	71	46	3	0
68	128	20	76	43	3	0
69	124	24	68	48	3	0
70	123	24	75	45	3	0
71	124	24	71	45	3	0
72	124	24	75	41	3	0
73	124	23	65	53	3	0
74	124	23	70	49	3	0
75	124	23	67	49	3	0
76	123	23	71	45	3	0
77	119	28	68	50	3	0
78	119	27	71	47	3	0
79	119	27	67	47	3	0
80	119	27	73	42	3	0
81	128	20	67	52	3	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
82	128	20	72	49	3	0
83	128	20	67	47	3	0
84	128	20	73	44	3	0
85	124	24	69	51	3	0
86	124	24	73	47	3	0
87	123	24	70	46	3	0
88	123	24	75	42	3	0
89	124	23	63	55	3	0
90	124	23	69	50	3	0
91	124	23	65	50	3	0
92	124	24	72	46	3	0
93	119	27	66	52	3	0
94	119	27	70	47	3	0
95	119	27	68	49	3	0
96	119	27	71	43	3	0
97	124	21	68	44	5	0
98	124	21	73	40	5	0
99	125	21	69	40	5	0
100	124	21	76	36	5	0
101	120	25	70	42	5	0
102	120	25	75	38	5	0
103	120	24	70	38	5	0
104	120	25	76	34	5	0
105	120	24	65	46	5	0
106	120	24	69	42	5	0
107	120	24	66	42	5	0
108	120	25	72	38	5	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
109	115	28	66	44	5	0
110	115	28	70	40	5	0
111	115	29	68	40	5	0
112	115	28	73	36	5	0
113	124	21	67	45	5	0
114	124	21	72	41	5	0
115	124	21	69	41	5	0
116	124	21	73	37	5	0
117	120	25	68	43	5	0
118	120	25	73	39	5	0
119	120	25	70	39	5	0
120	120	25	75	35	5	0
121	120	24	64	47	5	0
122	120	24	68	43	5	0
123	120	25	64	43	5	0
124	119	24	70	39	5	0
125	115	28	66	45	5	0
126	115	28	70	41	5	0
127	115	28	66	41	5	0
128	115	28	72	37	5	0
129	107	14	62	48	9	0
130	108	14	67	45	9	0
131	108	14	63	44	9	0
132	107	14	68	41	9	0
133	103	18	64	45	9	0
134	102	18	69	42	9	0
135	103	18	65	41	9	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
136	103	18	71	38	9	0
137	103	18	59	49	9	0
138	103	18	64	46	9	0
139	102	18	60	45	9	0
140	103	18	66	42	9	0
141	98	22	60	47	9	0
142	99	22	64	44	9	0
143	99	21	61	45	9	0
144	99	22	66	40	9	0
145	107	14	61	49	9	0
146	107	14	67	45	9	0
147	107	14	63	46	9	0
148	107	14	67	41	9	0
149	103	18	62	47	9	0
150	103	18	68	42	9	0
151	103	18	64	43	9	0
152	103	18	69	38	9	0
153	103	18	58	52	9	0
154	103	18	64	46	9	0
155	103	18	59	47	9	0
156	103	18	65	44	9	0
157	98	22	59	49	9	0
158	98	22	64	44	9	0
159	98	22	59	45	9	0
160	99	22	65	41	9	0
161	104	15	62	41	11	0
162	104	15	67	37	11	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
163	104	15	63	37	11	0
164	104	15	68	33	11	0
165	99	19	65	39	11	0
166	99	19	69	35	11	0
167	100	19	65	35	11	0
168	99	19	69	31	11	0
169	99	19	59	43	11	0
170	99	19	64	39	11	0
171	100	19	60	39	11	0
172	99	19	65	35	11	0
173	94	23	60	41	11	0
174	95	23	66	37	11	0
175	95	23	61	37	11	0
176	95	23	67	33	11	0
177	104	15	60	42	11	0
178	104	15	67	38	11	0
179	104	15	62	38	11	0
180	104	15	68	34	11	0
181	99	19	62	40	11	0
182	99	19	68	36	11	0
183	99	19	64	36	11	0
184	100	19	68	32	11	0
185	99	19	59	44	11	0
186	99	19	63	40	11	0
187	99	19	59	40	11	0
188	99	19	65	36	11	0
189	95	23	59	42	11	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
190	95	23	64	38	11	0
191	95	23	62	38	11	0
192	95	23	66	34	11	0
193	100	20	62	46	9	0
194	101	20	66	43	9	0
195	101	20	63	42	9	0
196	100	20	68	39	9	0
197	95	24	63	44	9	0
198	96	24	68	41	9	0
199	96	24	64	41	9	0
200	96	24	69	35	9	0
201	96	23	57	49	9	0
202	96	23	63	44	9	0
203	96	24	60	44	9	0
204	96	23	66	41	9	0
205	91	27	61	47	9	0
206	91	27	65	41	9	0
207	91	27	60	42	9	0
208	91	27	67	37	9	0
209	100	20	60	46	9	0
210	100	20	67	43	9	0
211	101	20	63	43	9	0
212	100	20	67	38	9	0
213	96	23	61	44	9	0
214	95	24	68	41	9	0
215	96	24	64	41	9	0
216	96	24	69	36	9	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
217	96	24	57	49	9	0
218	96	23	63	44	9	0
219	96	23	59	45	9	0
220	95	23	64	42	9	0
221	91	27	59	48	9	0
222	91	27	64	44	9	0
223	91	27	61	43	9	0
224	91	27	66	39	9	0
225	97	21	63	39	11	0
226	96	21	67	35	11	0
227	96	21	63	35	11	0
228	97	21	69	31	11	0
229	92	25	64	37	11	0
230	92	25	69	33	11	0
231	92	25	65	33	11	0
232	92	25	70	29	11	0
233	92	24	59	41	11	0
234	92	25	64	37	11	0
235	92	24	61	37	11	0
236	92	25	66	33	11	0
237	87	28	60	39	11	0
238	88	28	65	35	11	0
239	87	29	60	35	11	0
240	87	28	66	31	11	0
241	96	21	62	40	11	0
242	97	21	65	36	11	0
243	97	21	63	36	11	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
244	97	21	67	32	11	0
245	92	25	62	38	11	0
246	92	25	67	34	11	0
247	92	25	63	34	11	0
248	92	25	69	30	11	0
249	92	24	57	42	11	0
250	92	25	63	38	11	0
251	92	25	59	38	11	0
252	92	24	65	34	11	0
253	88	28	59	40	11	0
254	87	28	64	36	11	0
255	87	28	60	36	11	0
256	87	28	65	32	11	0
257	136	14	68	43	3	4
258	135	14	72	40	3	4
259	136	14	70	40	3	4
260	135	14	74	35	3	4
261	131	18	69	42	3	4
262	131	18	74	37	3	4
263	131	18	71	37	3	4
264	131	18	76	34	3	4
265	131	18	64	47	3	4
266	131	18	70	42	3	4
267	132	18	66	42	3	4
268	131	18	71	38	3	4
269	127	21	66	44	3	4
270	126	22	70	40	3	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
271	126	22	67	39	3	4
272	127	22	73	35	3	4
273	135	14	67	44	3	4
274	135	14	72	41	3	4
275	135	14	69	41	3	4
276	136	14	74	37	3	4
277	131	18	69	43	3	4
278	131	18	74	39	3	4
279	131	18	70	38	3	4
280	131	18	75	34	3	4
281	131	18	64	47	3	4
282	131	18	69	43	3	4
283	131	18	66	44	3	4
284	131	18	70	39	3	4
285	126	22	65	45	3	4
286	126	22	70	40	3	4
287	126	22	66	42	3	4
288	126	22	73	37	3	4
289	132	15	68	37	5	4
290	132	15	72	33	5	4
291	131	15	68	33	5	4
292	132	15	74	29	5	4
293	127	19	70	35	5	4
294	127	19	75	31	5	4
295	127	19	71	31	5	4
296	127	19	77	27	5	4
297	127	19	65	39	5	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
298	127	19	70	35	5	4
299	127	19	66	35	5	4
300	127	19	71	31	5	4
301	123	23	68	37	5	4
302	122	23	71	33	5	4
303	122	23	66	33	5	4
304	122	23	72	29	5	4
305	131	15	68	38	5	4
306	132	15	73	34	5	4
307	132	15	68	34	5	4
308	131	15	74	30	5	4
309	127	19	69	36	5	4
310	127	19	74	32	5	4
311	127	19	70	32	5	4
312	127	19	74	28	5	4
313	127	19	64	40	5	4
314	127	19	69	36	5	4
315	127	19	65	36	5	4
316	127	19	71	32	5	4
317	123	23	65	38	5	4
318	124	23	71	34	5	4
319	123	23	67	34	5	4
320	123	23	71	30	5	4
321	128	20	69	42	3	4
322	128	20	73	38	3	4
323	128	20	69	38	3	4
324	128	20	75	35	3	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
325	123	24	69	39	3	4
326	123	24	74	36	3	4
327	124	24	71	37	3	4
328	123	24	75	31	3	4
329	124	24	66	44	3	4
330	123	23	70	40	3	4
331	123	23	66	41	3	4
332	124	24	72	37	3	4
333	119	27	67	42	3	4
334	119	27	71	38	3	4
335	119	27	68	38	3	4
336	119	27	72	35	3	4
337	128	20	67	42	3	4
338	129	20	74	38	3	4
339	128	20	68	39	3	4
340	128	20	73	34	3	4
341	124	23	69	41	3	4
342	123	24	73	37	3	4
343	124	24	70	37	3	4
344	123	24	75	34	3	4
345	124	23	64	45	3	4
346	124	23	69	42	3	4
347	124	23	66	41	3	4
348	123	23	70	37	3	4
349	119	27	65	42	3	4
350	119	27	70	38	3	4
351	119	27	67	38	3	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
352	119	27	71	34	3	4
353	124	21	68	35	5	4
354	125	21	73	31	5	4
355	124	21	71	31	5	4
356	124	21	74	27	5	4
357	120	25	70	33	5	4
358	120	25	75	29	5	4
359	119	25	72	29	5	4
360	119	25	75	25	5	4
361	120	24	65	37	5	4
362	120	24	69	33	5	4
363	119	24	66	33	5	4
364	120	24	71	29	5	4
365	115	28	67	35	5	4
366	115	28	70	31	5	4
367	115	28	67	31	5	4
368	115	28	72	27	5	4
369	124	21	67	36	5	4
370	125	21	72	32	5	4
371	125	21	67	32	5	4
372	124	21	74	28	5	4
373	120	25	69	34	5	4
374	120	25	73	30	5	4
375	119	25	70	30	5	4
376	120	25	76	26	5	4
377	120	24	64	38	5	4
378	120	24	70	34	5	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
379	119	25	65	34	5	4
380	120	24	69	30	5	4
381	115	29	65	36	5	4
382	115	28	70	32	5	4
383	115	29	67	32	5	4
384	115	28	72	28	5	4
385	107	14	61	39	9	4
386	107	14	67	35	9	4
387	108	14	64	35	9	4
388	108	14	68	31	9	4
389	103	18	63	37	9	4
390	103	18	69	32	9	4
391	103	18	65	32	9	4
392	103	18	70	29	9	4
393	103	18	59	40	9	4
394	103	18	63	36	9	4
395	103	18	59	38	9	4
396	103	18	65	33	9	4
397	98	22	59	40	9	4
398	98	21	65	35	9	4
399	99	22	60	34	9	4
400	98	22	66	31	9	4
401	108	14	60	40	9	4
402	107	14	67	36	9	4
403	108	14	62	37	9	4
404	107	14	67	32	9	4
405	103	18	63	38	9	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
406	103	18	68	34	9	4
407	103	18	64	34	9	4
408	103	18	68	30	9	4
409	103	18	57	43	9	4
410	103	18	62	38	9	4
411	103	18	60	38	9	4
412	103	18	64	34	9	4
413	99	22	60	40	9	4
414	99	22	64	35	9	4
415	98	22	61	36	9	4
416	98	22	64	32	9	4
417	104	15	63	32	11	4
418	104	15	67	28	11	4
419	103	15	64	28	11	4
420	104	15	68	24	11	4
421	99	19	63	30	11	4
422	100	19	68	26	11	4
423	99	19	65	26	11	4
424	99	19	70	22	11	4
425	99	19	60	34	11	4
426	99	19	64	30	11	4
427	100	19	60	30	11	4
428	99	19	66	26	11	4
429	95	23	60	32	11	4
430	95	23	65	28	11	4
431	95	23	61	28	11	4
432	95	23	66	24	11	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
433	104	15	62	33	11	4
434	104	15	66	29	11	4
435	104	15	62	29	11	4
436	104	15	68	25	11	4
437	100	19	63	31	11	4
438	99	19	67	27	11	4
439	99	19	64	27	11	4
440	99	19	70	23	11	4
441	99	19	58	35	11	4
442	99	19	63	31	11	4
443	99	19	59	31	11	4
444	99	19	63	27	11	4
445	95	23	59	33	11	4
446	95	23	63	29	11	4
447	95	23	60	29	11	4
448	95	23	65	25	11	4
449	100	20	61	37	9	4
450	101	20	67	33	9	4
451	100	20	64	32	9	4
452	100	20	68	30	9	4
453	96	24	63	36	9	4
454	95	24	68	30	9	4
455	96	24	66	31	9	4
456	96	24	69	27	9	4
457	96	23	58	40	9	4
458	96	23	64	34	9	4
459	96	23	59	36	9	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
460	96	23	65	30	9	4
461	91	27	60	36	9	4
462	91	27	65	33	9	4
463	91	27	60	32	9	4
464	91	27	65	29	9	4
465	101	20	60	37	9	4
466	100	20	66	33	9	4
467	100	20	62	33	9	4
468	100	20	67	29	9	4
469	96	24	62	36	9	4
470	95	23	68	31	9	4
471	95	24	64	31	9	4
472	96	24	69	27	9	4
473	95	23	57	40	9	4
474	96	23	62	35	9	4
475	96	23	59	35	9	4
476	96	23	64	32	9	4
477	91	27	60	38	9	4
478	91	27	65	33	9	4
479	91	27	61	34	9	4
480	91	27	65	30	9	4
481	96	21	62	30	11	4
482	97	21	67	26	11	4
483	97	21	63	26	11	4
484	96	21	68	22	11	4
485	92	25	64	28	11	4
486	92	25	68	24	11	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
487	92	25	65	24	11	4
488	92	25	70	20	11	4
489	92	24	58	32	11	4
490	92	25	63	28	11	4
491	92	24	60	28	11	4
492	92	24	67	24	11	4
493	87	28	61	30	11	4
494	88	29	65	26	11	4
495	87	28	60	26	11	4
496	87	28	66	22	11	4
497	97	21	61	31	11	4
498	96	21	65	27	11	4
499	96	21	63	27	11	4
500	97	21	68	23	11	4
501	91	25	62	29	11	4
502	92	25	68	25	11	4
503	92	25	64	25	11	4
504	92	25	70	21	11	4
505	92	25	57	33	11	4
506	92	24	63	29	11	4
507	92	25	58	29	11	4
508	92	24	65	25	11	4
509	88	28	60	31	11	4
510	88	28	64	27	11	4
511	88	28	60	27	11	4
512	88	28	67	23	11	4
513	136	19	67	50	3	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
514	135	19	72	46	3	0
515	135	19	69	45	3	0
516	136	19	75	41	3	0
517	131	23	70	47	3	0
518	131	23	76	43	3	0
519	131	23	71	43	3	0
520	131	23	74	40	3	0
521	131	23	64	51	3	0
522	131	22	69	47	3	0
523	131	22	65	47	3	0
524	131	22	70	43	3	0
525	126	26	66	48	3	0
526	126	26	71	45	3	0
527	126	26	68	45	3	0
528	126	27	72	40	3	0
529	136	19	67	49	3	0
530	135	19	73	46	3	0
531	135	19	70	45	3	0
532	136	19	73	42	3	0
533	131	23	68	47	3	0
534	131	23	73	45	3	0
535	131	23	69	44	3	0
536	131	23	75	39	3	0
537	130	22	65	52	3	0
538	131	22	68	49	3	0
539	131	23	65	48	3	0
540	131	23	70	43	3	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
541	126	27	65	50	3	0
542	127	26	70	47	3	0
543	127	26	67	47	3	0
544	126	26	71	41	3	0
545	132	20	68	42	5	0
546	132	20	73	38	5	0
547	131	20	70	38	5	0
548	131	20	75	34	5	0
549	127	24	69	40	5	0
550	127	24	74	36	5	0
551	127	24	70	36	5	0
552	127	24	75	32	5	0
553	127	23	64	44	5	0
554	127	24	69	40	5	0
555	127	24	67	40	5	0
556	127	23	72	36	5	0
557	123	28	66	42	5	0
558	122	28	71	38	5	0
559	122	28	69	38	5	0
560	122	28	72	34	5	0
561	132	20	67	43	5	0
562	132	20	72	39	5	0
563	132	20	68	39	5	0
564	132	20	75	35	5	0
565	127	24	69	41	5	0
566	127	24	74	37	5	0
567	127	24	71	37	5	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
568	127	24	73	33	5	0
569	127	24	63	45	5	0
570	127	24	69	41	5	0
571	127	23	65	41	5	0
572	126	24	70	37	5	0
573	123	27	66	43	5	0
574	122	27	70	39	5	0
575	122	27	67	39	5	0
576	123	27	71	35	5	0
577	128	24	69	47	3	0
578	129	25	73	43	3	0
579	128	25	69	43	3	0
580	128	24	75	38	3	0
581	124	29	70	44	3	0
582	123	28	73	41	3	0
583	123	28	71	40	3	0
584	123	28	76	37	3	0
585	123	28	65	49	3	0
586	123	28	69	45	3	0
587	123	28	65	46	3	0
588	123	28	71	40	3	0
589	119	32	66	47	3	0
590	120	32	70	43	3	0
591	118	32	68	43	3	0
592	119	32	73	39	3	0
593	128	24	67	48	3	0
594	128	25	73	44	3	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
595	128	24	68	44	3	0
596	128	24	74	40	3	0
597	124	29	68	46	3	0
598	124	28	73	41	3	0
599	123	28	69	41	3	0
600	124	29	76	38	3	0
601	124	28	63	51	3	0
602	124	28	68	46	3	0
603	123	28	65	45	3	0
604	124	28	70	42	3	0
605	119	32	66	47	3	0
606	119	32	70	43	3	0
607	119	32	67	44	3	0
608	119	32	71	40	3	0
609	124	26	67	40	5	0
610	124	26	73	36	5	0
611	124	25	69	36	5	0
612	124	26	74	32	5	0
613	120	30	71	38	5	0
614	120	29	75	34	5	0
615	119	30	69	34	5	0
616	119	30	76	30	5	0
617	120	29	65	42	5	0
618	120	29	69	38	5	0
619	120	29	66	38	5	0
620	120	29	70	34	5	0
621	115	33	66	40	5	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
622	115	33	71	36	5	0
623	115	33	66	36	5	0
624	115	33	73	32	5	0
625	124	26	67	41	5	0
626	124	25	73	37	5	0
627	124	26	68	37	5	0
628	125	26	73	33	5	0
629	120	30	69	39	5	0
630	120	29	73	35	5	0
631	120	30	69	35	5	0
632	120	29	76	31	5	0
633	120	29	64	43	5	0
634	120	29	69	39	5	0
635	119	29	65	39	5	0
636	120	29	72	35	5	0
637	115	33	65	41	5	0
638	115	33	71	37	5	0
639	115	33	67	37	5	0
640	115	33	71	33	5	0
641	108	19	62	43	9	0
642	108	19	66	39	9	0
643	107	19	63	39	9	0
644	107	19	67	36	9	0
645	103	23	64	41	9	0
646	103	23	69	37	9	0
647	103	23	63	38	9	0
648	103	23	69	34	9	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
649	103	23	59	46	9	0
650	103	22	63	43	9	0
651	103	23	60	41	9	0
652	103	23	66	38	9	0
653	98	26	60	44	9	0
654	98	26	65	40	9	0
655	99	26	61	41	9	0
656	99	27	66	36	9	0
657	108	19	61	46	9	0
658	108	19	65	40	9	0
659	107	19	63	40	9	0
660	107	19	66	37	9	0
661	103	23	63	44	9	0
662	103	23	69	39	9	0
663	103	23	65	38	9	0
664	103	23	70	34	9	0
665	103	22	57	46	9	0
666	103	23	62	43	9	0
667	103	22	58	44	9	0
668	103	22	64	40	9	0
669	98	27	59	45	9	0
670	99	26	62	41	9	0
671	98	26	62	42	9	0
672	98	26	64	37	9	0
673	104	20	62	37	11	0
674	104	20	67	33	11	0
675	104	20	62	33	11	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
676	104	20	67	29	11	0
677	99	24	64	35	11	0
678	99	24	69	31	11	0
679	99	24	65	31	11	0
680	99	24	70	27	11	0
681	99	24	59	39	11	0
682	100	23	64	35	11	0
683	99	24	60	35	11	0
684	99	24	66	31	11	0
685	95	28	61	37	11	0
686	95	27	66	33	11	0
687	94	28	62	33	11	0
688	95	28	66	29	11	0
689	104	20	61	38	11	0
690	104	20	66	34	11	0
691	104	20	62	34	11	0
692	104	20	68	30	11	0
693	99	24	62	36	11	0
694	99	24	68	32	11	0
695	99	24	64	32	11	0
696	99	24	69	28	11	0
697	99	23	58	40	11	0
698	100	24	63	36	11	0
699	99	24	59	36	11	0
700	99	23	64	32	11	0
701	95	27	58	38	11	0
702	95	28	64	34	11	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
703	95	28	61	34	11	0
704	95	27	65	30	11	0
705	100	25	62	41	9	0
706	100	24	67	38	9	0
707	100	24	64	38	9	0
708	100	25	67	35	9	0
709	95	28	64	40	9	0
710	96	28	69	36	9	0
711	96	28	65	36	9	0
712	96	29	69	31	9	0
713	96	28	58	43	9	0
714	96	28	63	40	9	0
715	96	28	61	40	9	0
716	96	28	65	36	9	0
717	92	32	60	42	9	0
718	91	32	65	38	9	0
719	91	32	61	38	9	0
720	91	32	67	35	9	0
721	100	25	61	43	9	0
722	101	24	67	38	9	0
723	100	25	62	39	9	0
724	100	24	69	34	9	0
725	96	28	64	40	9	0
726	95	28	67	37	9	0
727	95	29	64	36	9	0
728	95	28	69	33	9	0
729	96	28	57	44	9	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
730	95	28	63	40	9	0
731	95	28	59	42	9	0
732	95	28	64	36	9	0
733	91	32	59	43	9	0
734	91	32	65	40	9	0
735	91	32	61	40	9	0
736	91	32	65	35	9	0
737	96	26	62	35	11	0
738	96	26	68	31	11	0
739	97	25	63	31	11	0
740	96	26	69	27	11	0
741	92	30	63	33	11	0
742	92	29	68	29	11	0
743	92	29	64	29	11	0
744	92	29	71	25	11	0
745	92	29	59	37	11	0
746	92	29	63	33	11	0
747	92	29	60	33	11	0
748	92	29	64	29	11	0
749	87	33	59	35	11	0
750	87	33	66	31	11	0
751	88	33	62	31	11	0
752	88	33	67	27	11	0
753	97	26	62	36	11	0
754	97	26	66	32	11	0
755	96	26	63	32	11	0
756	96	26	69	28	11	0

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
757	92	30	61	34	11	0
758	92	30	68	30	11	0
759	91	29	65	30	11	0
760	92	30	69	26	11	0
761	92	29	58	38	11	0
762	92	29	62	34	11	0
763	92	29	58	34	11	0
764	92	29	64	30	11	0
765	88	33	60	36	11	0
766	88	33	65	32	11	0
767	88	33	61	32	11	0
768	87	33	65	28	11	0
769	136	19	68	39	3	4
770	135	19	73	37	3	4
771	135	19	70	36	3	4
772	135	19	74	31	3	4
773	131	23	69	38	3	4
774	131	23	73	35	3	4
775	131	23	70	34	3	4
776	131	23	75	29	3	4
777	131	22	65	43	3	4
778	131	22	69	38	3	4
779	131	22	66	38	3	4
780	131	22	71	34	3	4
781	127	26	65	39	3	4
782	126	27	72	36	3	4
783	127	26	67	35	3	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
784	127	26	72	31	3	4
785	135	19	67	40	3	4
786	135	19	72	37	3	4
787	135	19	69	36	3	4
788	135	19	73	33	3	4
789	131	23	69	39	3	4
790	131	23	73	35	3	4
791	131	23	70	35	3	4
792	131	23	74	30	3	4
793	131	22	63	42	3	4
794	131	22	69	38	3	4
795	131	23	66	39	3	4
796	131	23	70	36	3	4
797	126	27	65	41	3	4
798	127	26	69	37	3	4
799	126	26	66	37	3	4
800	126	26	72	32	3	4
801	131	20	68	33	5	4
802	132	20	73	29	5	4
803	132	20	69	29	5	4
804	132	20	75	25	5	4
805	127	24	69	31	5	4
806	127	24	75	27	5	4
807	127	24	70	27	5	4
808	127	24	76	23	5	4
809	127	24	65	35	5	4
810	127	23	68	31	5	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
811	127	24	66	31	5	4
812	126	24	72	27	5	4
813	122	27	67	33	5	4
814	122	28	71	29	5	4
815	122	28	68	29	5	4
816	122	27	73	25	5	4
817	131	20	67	34	5	4
818	132	20	72	30	5	4
819	131	20	68	30	5	4
820	131	20	73	26	5	4
821	127	24	69	32	5	4
822	127	24	73	28	5	4
823	127	24	70	28	5	4
824	127	24	76	24	5	4
825	127	23	64	36	5	4
826	127	24	69	32	5	4
827	127	23	65	32	5	4
828	127	24	69	28	5	4
829	122	28	65	34	5	4
830	122	27	70	30	5	4
831	123	27	67	30	5	4
832	122	27	71	26	5	4
833	129	24	68	38	3	4
834	128	24	74	34	3	4
835	128	24	69	34	3	4
836	128	25	74	30	3	4
837	124	28	69	36	3	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
838	124	28	75	32	3	4
839	123	28	70	32	3	4
840	124	28	76	28	3	4
841	124	28	64	40	3	4
842	124	28	70	35	3	4
843	124	28	65	36	3	4
844	124	28	71	32	3	4
845	119	32	67	39	3	4
846	119	32	71	33	3	4
847	119	32	66	33	3	4
848	119	32	74	30	3	4
849	128	25	68	39	3	4
850	128	25	71	35	3	4
851	127	24	68	34	3	4
852	128	24	73	32	3	4
853	124	29	69	36	3	4
854	123	28	73	33	3	4
855	123	29	70	33	3	4
856	124	28	75	29	3	4
857	123	28	63	41	3	4
858	124	28	69	37	3	4
859	124	28	66	38	3	4
860	124	28	71	32	3	4
861	119	32	65	39	3	4
862	119	32	71	36	3	4
863	119	32	67	35	3	4
864	119	32	71	32	3	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
865	124	26	68	31	5	4
866	124	26	73	27	5	4
867	125	26	70	27	5	4
868	124	25	74	23	5	4
869	120	29	70	29	5	4
870	120	29	74	25	5	4
871	120	29	71	25	5	4
872	120	29	75	21	5	4
873	119	29	65	33	5	4
874	120	29	70	29	5	4
875	119	29	66	29	5	4
876	120	29	70	25	5	4
877	115	33	65	31	5	4
878	115	33	71	27	5	4
879	115	33	68	27	5	4
880	115	33	73	23	5	4
881	125	26	67	32	5	4
882	125	25	72	28	5	4
883	124	26	70	28	5	4
884	124	26	74	24	5	4
885	120	29	69	30	5	4
886	119	29	73	26	5	4
887	119	29	71	26	5	4
888	120	29	75	22	5	4
889	120	29	63	34	5	4
890	120	29	70	30	5	4
891	120	29	66	30	5	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
892	120	29	71	26	5	4
893	115	33	65	32	5	4
894	115	33	70	28	5	4
895	115	33	67	28	5	4
896	115	33	71	24	5	4
897	107	19	62	35	9	4
898	107	19	68	31	9	4
899	108	19	62	32	9	4
900	108	19	69	26	9	4
901	103	23	62	33	9	4
902	103	23	68	28	9	4
903	103	23	65	29	9	4
904	103	23	70	26	9	4
905	103	23	58	37	9	4
906	103	22	63	33	9	4
907	103	22	60	33	9	4
908	104	22	65	28	9	4
909	98	26	60	36	9	4
910	99	26	65	32	9	4
911	99	26	61	30	9	4
912	98	27	67	26	9	4
913	108	19	61	37	9	4
914	108	19	66	31	9	4
915	107	19	63	31	9	4
916	107	19	67	27	9	4
917	103	23	63	34	9	4
918	103	23	68	30	9	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
919	103	23	64	30	9	4
920	103	23	68	27	9	4
921	103	23	58	38	9	4
922	103	22	63	34	9	4
923	103	23	59	35	9	4
924	103	22	65	31	9	4
925	98	27	59	36	9	4
926	98	26	64	31	9	4
927	99	26	60	31	9	4
928	99	26	66	28	9	4
929	104	20	63	28	11	4
930	104	20	67	24	11	4
931	104	20	64	24	11	4
932	103	20	68	20	11	4
933	99	24	63	26	11	4
934	99	24	69	22	11	4
935	99	24	65	22	11	4
936	99	24	69	18	11	4
937	99	24	58	30	11	4
938	100	23	64	26	11	4
939	99	23	60	26	11	4
940	99	24	64	22	11	4
941	95	27	60	28	11	4
942	95	27	65	24	11	4
943	95	28	62	24	11	4
944	95	28	66	20	11	4
945	104	20	61	29	11	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
946	104	20	65	25	11	4
947	104	20	62	25	11	4
948	104	20	69	21	11	4
949	99	24	63	27	11	4
950	99	24	67	23	11	4
951	99	24	65	23	11	4
952	99	24	69	19	11	4
953	99	24	58	31	11	4
954	99	24	62	27	11	4
955	99	23	59	27	11	4
956	99	24	64	23	11	4
957	94	27	60	29	11	4
958	95	27	63	25	11	4
959	95	28	60	25	11	4
960	95	28	66	21	11	4
961	100	24	61	32	9	4
962	100	24	68	29	9	4
963	100	25	64	28	9	4
964	100	25	69	25	9	4
965	96	28	64	31	9	4
966	95	28	68	27	9	4
967	96	28	65	26	9	4
968	96	28	70	23	9	4
969	96	28	60	34	9	4
970	96	28	65	30	9	4
971	96	28	60	32	9	4
972	96	28	66	27	9	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
973	91	32	61	32	9	4
974	91	32	66	29	9	4
975	92	32	61	29	9	4
976	91	32	67	25	9	4
977	100	25	62	34	9	4
978	100	25	66	30	9	4
979	100	25	62	30	9	4
980	100	25	67	25	9	4
981	96	28	63	32	9	4
982	95	28	68	27	9	4
983	95	29	63	28	9	4
984	96	28	68	25	9	4
985	96	28	59	37	9	4
986	96	28	62	31	9	4
987	96	28	60	32	9	4
988	96	28	65	28	9	4
989	92	32	61	34	9	4
990	91	32	64	31	9	4
991	91	32	60	31	9	4
992	91	32	66	27	9	4
993	96	26	62	26	11	4
994	96	26	68	22	11	4
995	96	25	64	22	11	4
996	97	26	68	18	11	4
997	92	29	63	24	11	4
998	92	30	69	20	11	4
999	92	30	64	20	11	4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น	เส้น
1000	92	29	70	16	11	4
1001	91	29	59	28	11	4
1002	92	29	63	24	11	4
1003	92	29	60	24	11	4
1004	92	29	65	20	11	4
1005	87	33	58	26	11	4
1006	87	33	65	22	11	4
1007	87	33	62	22	11	4
1008	87	33	66	18	11	4
1009	96	25	61	27	11	4
1010	96	26	65	23	11	4
1011	96	26	63	23	11	4
1012	97	26	68	19	11	4
1013	92	29	61	25	11	4
1014	92	30	67	21	11	4
1015	92	29	64	21	11	4
1016	91	30	69	17	11	4
1017	92	29	57	29	11	4
1018	92	29	63	25	11	4
1019	92	29	58	25	11	4
1020	92	29	65	21	11	4
1022	88	33	65	23	11	4
1023	87	33	62	23	11	4
1024	87	33	66	19	11	4

ตารางผนวกที่ 2 ข้อมูลการใช้เหล็กเสริมกำลัง 1024 กรณี (หน่วยเป็นกิโลกรัม: Kg)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
1	359.64	83.832	713.952	1003.608	138.708	0	2,299.74
2	359.64	83.832	777.888	927.864	138.708	0	2,287.93
3	359.64	83.832	735.264	946.8	138.708	0	2,264.24
4	359.64	83.832	788.544	852.12	138.708	0	2,222.84
5	348.984	107.784	745.92	946.8	138.708	0	2,288.20
6	348.984	107.784	788.544	889.992	138.708	0	2,274.01
7	348.984	107.784	745.92	889.992	138.708	0	2,231.39
8	346.32	107.784	820.512	814.248	138.708	0	2,227.57
9	348.984	107.784	692.64	1041.48	138.708	0	2,329.60
10	346.32	107.784	735.264	965.736	138.708	0	2,293.81
11	348.984	107.784	703.296	965.736	138.708	0	2,264.51
12	348.984	107.784	745.92	889.992	138.708	0	2,231.39
13	335.664	131.736	703.296	1022.544	138.708	0	2,331.95
14	335.664	131.736	767.232	946.8	138.708	0	2,320.14
15	338.328	131.736	713.952	927.864	138.708	0	2,250.59
16	335.664	131.736	777.888	852.12	138.708	0	2,236.12
17	359.64	83.832	713.952	1003.608	138.708	0	2,299.74
18	359.64	83.832	756.576	927.864	138.708	0	2,266.62
19	359.64	83.832	735.264	946.8	138.708	0	2,264.24
20	359.64	83.832	777.888	871.056	138.708	0	2,231.12
21	348.984	107.784	735.264	984.672	138.708	0	2,315.41
22	348.984	107.784	777.888	908.928	138.708	0	2,282.29
23	348.984	107.784	735.264	908.928	138.708	0	2,239.67
24	348.984	107.784	799.2	833.184	138.708	0	2,227.86
25	348.984	107.784	692.64	1060.416	138.708	0	2,348.53
26	348.984	107.784	735.264	984.672	138.708	0	2,315.41
27	348.984	107.784	703.296	1003.608	138.708	0	2,302.38

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
28	348.984	107.784	745.92	908.928	138.708	0	2,250.32
29	338.328	131.736	681.984	1022.544	138.708	0	2,313.30
30	335.664	131.736	756.576	946.8	138.708	0	2,309.48
31	335.664	131.736	703.296	946.8	138.708	0	2,256.20
32	335.664	131.736	756.576	871.056	138.708	0	2,233.74
33	351.648	95.808	724.608	871.056	231.18	0	2,274.30
34	351.648	89.82	777.888	795.312	231.18	0	2,245.85
35	348.984	89.82	735.264	795.312	231.18	0	2,200.56
36	348.984	89.82	788.544	719.568	231.18	0	2,178.10
37	338.328	113.772	756.576	833.184	231.18	0	2,273.04
38	338.328	113.772	788.544	757.44	231.18	0	2,229.26
39	338.328	113.772	756.576	757.44	231.18	0	2,197.30
40	338.328	113.772	820.512	681.696	231.18	0	2,185.49
41	338.328	113.772	692.64	908.928	231.18	0	2,284.85
42	338.328	113.772	735.264	833.184	231.18	0	2,251.73
43	338.328	113.772	703.296	833.184	231.18	0	2,219.76
44	338.328	113.772	745.92	757.44	231.18	0	2,186.64
45	327.672	137.724	703.296	871.056	231.18	0	2,270.93
46	327.672	137.724	767.232	795.312	231.18	0	2,259.12
47	327.672	137.724	724.608	795.312	231.18	0	2,216.50
48	327.672	137.724	756.576	719.568	231.18	0	2,172.72
49	351.648	89.82	713.952	889.992	231.18	0	2,276.59
50	351.648	89.82	767.232	814.248	231.18	0	2,254.13
51	348.984	89.82	735.264	814.248	231.18	0	2,219.50
52	348.984	89.82	777.888	738.504	231.18	0	2,186.38
53	338.328	113.772	724.608	852.12	231.18	0	2,260.01
54	338.328	113.772	777.888	776.376	231.18	0	2,237.54

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
55	338.328	113.772	745.92	776.376	231.18	0	2,205.58
56	338.328	113.772	799.2	700.632	231.18	0	2,183.11
57	338.328	113.772	692.64	927.864	231.18	0	2,303.78
58	338.328	113.772	735.264	852.12	231.18	0	2,270.66
59	338.328	113.772	692.64	852.12	231.18	0	2,228.04
60	338.328	113.772	745.92	776.376	231.18	0	2,205.58
61	327.672	137.724	703.296	889.992	231.18	0	2,289.86
62	327.672	137.724	767.232	814.248	231.18	0	2,278.06
63	327.672	137.724	703.296	814.248	231.18	0	2,214.12
64	327.672	137.724	756.576	738.504	231.18	0	2,191.66
65	340.992	119.76	724.608	984.672	138.708	0	2,308.74
66	340.992	119.76	777.888	889.992	138.708	0	2,267.34
67	340.992	119.76	756.576	871.056	138.708	0	2,227.09
68	340.992	119.76	809.856	814.248	138.708	0	2,223.56
69	330.336	143.712	724.608	908.928	138.708	0	2,246.29
70	327.672	143.712	799.2	852.12	138.708	0	2,261.41
71	330.336	143.712	756.576	852.12	138.708	0	2,221.45
72	330.336	143.712	799.2	776.376	138.708	0	2,188.33
73	330.336	137.724	692.64	1003.608	138.708	0	2,303.02
74	330.336	137.724	745.92	927.864	138.708	0	2,280.55
75	330.336	137.724	713.952	927.864	138.708	0	2,248.58
76	327.672	137.724	756.576	852.12	138.708	0	2,212.80
77	317.016	167.664	724.608	946.8	138.708	0	2,294.80
78	317.016	161.676	756.576	889.992	138.708	0	2,263.97
79	317.016	161.676	713.952	889.992	138.708	0	2,221.34
80	317.016	161.676	777.888	795.312	138.708	0	2,190.60
81	340.992	119.76	713.952	984.672	138.708	0	2,298.08

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25	Summary
	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.
82	340.992	119.76	767.232	927.864	138.708	0	2,294.56
83	340.992	119.76	713.952	889.992	138.708	0	2,203.40
84	340.992	119.76	777.888	833.184	138.708	0	2,210.53
85	330.336	143.712	735.264	965.736	138.708	0	2,313.76
86	330.336	143.712	777.888	889.992	138.708	0	2,280.64
87	327.672	143.712	745.92	871.056	138.708	0	2,227.07
88	327.672	143.712	799.2	795.312	138.708	0	2,204.60
89	330.336	137.724	671.328	1041.48	138.708	0	2,319.58
90	330.336	137.724	735.264	946.8	138.708	0	2,288.83
91	330.336	137.724	692.64	946.8	138.708	0	2,246.21
92	330.336	143.712	767.232	871.056	138.708	0	2,251.04
93	317.016	161.676	703.296	984.672	138.708	0	2,305.37
94	317.016	161.676	745.92	889.992	138.708	0	2,253.31
95	317.016	161.676	724.608	927.864	138.708	0	2,269.87
96	317.016	161.676	756.576	814.248	138.708	0	2,188.22
97	330.336	125.748	724.608	833.184	231.18	0	2,245.06
98	330.336	125.748	777.888	757.44	231.18	0	2,222.59
99	333	125.748	735.264	757.44	231.18	0	2,182.63
100	330.336	125.748	809.856	681.696	231.18	0	2,178.82
101	319.68	149.7	745.92	795.312	231.18	0	2,241.79
102	319.68	149.7	799.2	719.568	231.18	0	2,219.33
103	319.68	143.712	745.92	719.568	231.18	0	2,160.06
104	319.68	149.7	809.856	643.824	231.18	0	2,154.24
105	319.68	143.712	692.64	871.056	231.18	0	2,258.27
106	319.68	143.712	735.264	795.312	231.18	0	2,225.15
107	319.68	143.712	703.296	795.312	231.18	0	2,193.18
108	319.68	149.7	767.232	719.568	231.18	0	2,187.36

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25	Summary
	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.
109	306.36	167.664	703.296	833.184	231.18	0	2,241.68
110	306.36	167.664	745.92	757.44	231.18	0	2,208.56
111	306.36	173.652	724.608	757.44	231.18	0	2,193.24
112	306.36	167.664	777.888	681.696	231.18	0	2,164.79
113	330.336	125.748	713.952	852.12	231.18	0	2,253.34
114	330.336	125.748	767.232	776.376	231.18	0	2,230.87
115	330.336	125.748	735.264	776.376	231.18	0	2,198.90
116	330.336	125.748	777.888	700.632	231.18	0	2,165.78
117	319.68	149.7	724.608	814.248	231.18	0	2,239.42
118	319.68	149.7	777.888	738.504	231.18	0	2,216.95
119	319.68	149.7	745.92	738.504	231.18	0	2,184.98
120	319.68	149.7	799.2	662.76	231.18	0	2,162.52
121	319.68	143.712	681.984	889.992	231.18	0	2,266.55
122	319.68	143.712	724.608	814.248	231.18	0	2,233.43
123	319.68	149.7	681.984	814.248	231.18	0	2,196.79
124	317.016	143.712	745.92	738.504	231.18	0	2,176.33
125	306.36	167.664	703.296	852.12	231.18	0	2,260.62
126	306.36	167.664	745.92	776.376	231.18	0	2,227.50
127	306.36	167.664	703.296	776.376	231.18	0	2,184.88
128	306.36	167.664	767.232	700.632	231.18	0	2,173.07
129	285.048	83.832	660.672	908.928	416.124	0	2,354.60
130	287.712	83.832	713.952	852.12	416.124	0	2,353.74
131	287.712	83.832	671.328	833.184	416.124	0	2,292.18
132	285.048	83.832	724.608	776.376	416.124	0	2,285.99
133	274.392	107.784	681.984	852.12	416.124	0	2,332.40
134	271.728	107.784	735.264	795.312	416.124	0	2,326.21
135	274.392	107.784	692.64	776.376	416.124	0	2,267.32

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
136	274.392	107.784	756.576	719.568	416.124	0	2,274.44
137	274.392	107.784	628.704	927.864	416.124	0	2,354.87
138	274.392	107.784	681.984	871.056	416.124	0	2,351.34
139	271.728	107.784	639.36	852.12	416.124	0	2,287.12
140	274.392	107.784	703.296	795.312	416.124	0	2,296.91
141	261.072	131.736	639.36	889.992	416.124	0	2,338.28
142	263.736	131.736	681.984	833.184	416.124	0	2,326.76
143	263.736	125.748	650.016	852.12	416.124	0	2,307.74
144	263.736	131.736	703.296	757.44	416.124	0	2,272.33
145	285.048	83.832	650.016	927.864	416.124	0	2,362.88
146	285.048	83.832	713.952	852.12	416.124	0	2,351.08
147	285.048	83.832	671.328	871.056	416.124	0	2,327.39
148	285.048	83.832	713.952	776.376	416.124	0	2,275.33
149	274.392	107.784	660.672	889.992	416.124	0	2,348.96
150	274.392	107.784	724.608	795.312	416.124	0	2,318.22
151	274.392	107.784	681.984	814.248	416.124	0	2,294.53
152	274.392	107.784	735.264	719.568	416.124	0	2,253.13
153	274.392	107.784	618.048	984.672	416.124	0	2,401.02
154	274.392	107.784	681.984	871.056	416.124	0	2,351.34
155	274.392	107.784	628.704	889.992	416.124	0	2,317.00
156	274.392	107.784	692.64	833.184	416.124	0	2,324.12
157	261.072	131.736	628.704	927.864	416.124	0	2,365.50
158	261.072	131.736	681.984	833.184	416.124	0	2,324.10
159	261.072	131.736	628.704	852.12	416.124	0	2,289.76
160	263.736	131.736	692.64	776.376	416.124	0	2,280.61
161	277.056	89.82	660.672	776.376	508.596	0	2,312.52
162	277.056	89.82	713.952	700.632	508.596	0	2,290.06

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25	Summary
	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.
163	277.056	89.82	671.328	700.632	508.596	0	2,247.43
164	277.056	89.82	724.608	624.888	508.596	0	2,224.97
165	263.736	113.772	692.64	738.504	508.596	0	2,317.25
166	263.736	113.772	735.264	662.76	508.596	0	2,284.13
167	266.4	113.772	692.64	662.76	508.596	0	2,244.17
168	263.736	113.772	735.264	587.016	508.596	0	2,208.38
169	263.736	113.772	628.704	814.248	508.596	0	2,329.06
170	263.736	113.772	681.984	738.504	508.596	0	2,306.59
171	266.4	113.772	639.36	738.504	508.596	0	2,266.63
172	263.736	113.772	692.64	662.76	508.596	0	2,241.50
173	250.416	137.724	639.36	776.376	508.596	0	2,312.47
174	253.08	137.724	703.296	700.632	508.596	0	2,303.33
175	253.08	137.724	650.016	700.632	508.596	0	2,250.05
176	253.08	137.724	713.952	624.888	508.596	0	2,238.24
177	277.056	89.82	639.36	795.312	508.596	0	2,310.14
178	277.056	89.82	713.952	719.568	508.596	0	2,308.99
179	277.056	89.82	660.672	719.568	508.596	0	2,255.71
180	277.056	89.82	724.608	643.824	508.596	0	2,243.90
181	263.736	113.772	660.672	757.44	508.596	0	2,304.22
182	263.736	113.772	724.608	681.696	508.596	0	2,292.41
183	263.736	113.772	681.984	681.696	508.596	0	2,249.78
184	266.4	113.772	724.608	605.952	508.596	0	2,219.33
185	263.736	113.772	628.704	833.184	508.596	0	2,347.99
186	263.736	113.772	671.328	757.44	508.596	0	2,314.87
187	263.736	113.772	628.704	757.44	508.596	0	2,272.25
188	263.736	113.772	692.64	681.696	508.596	0	2,260.44
189	253.08	137.724	628.704	795.312	508.596	0	2,323.42

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
190	253.08	137.724	681.984	719.568	508.596	0	2,300.95
191	253.08	137.724	660.672	719.568	508.596	0	2,279.64
192	253.08	137.724	703.296	643.824	508.596	0	2,246.52
193	266.4	119.76	660.672	871.056	416.124	0	2,334.01
194	269.064	119.76	703.296	814.248	416.124	0	2,322.49
195	269.064	119.76	671.328	795.312	416.124	0	2,271.59
196	266.4	119.76	724.608	738.504	416.124	0	2,265.40
197	253.08	143.712	671.328	833.184	416.124	0	2,317.43
198	255.744	143.712	724.608	776.376	416.124	0	2,316.56
199	255.744	143.712	681.984	776.376	416.124	0	2,273.94
200	255.744	143.712	735.264	662.76	416.124	0	2,213.60
201	255.744	137.724	607.392	927.864	416.124	0	2,344.85
202	255.744	137.724	671.328	833.184	416.124	0	2,314.10
203	255.744	143.712	639.36	833.184	416.124	0	2,288.12
204	255.744	137.724	703.296	776.376	416.124	0	2,289.26
205	242.424	161.676	650.016	889.992	416.124	0	2,360.23
206	242.424	161.676	692.64	776.376	416.124	0	2,289.24
207	242.424	161.676	639.36	795.312	416.124	0	2,254.90
208	242.424	161.676	713.952	700.632	416.124	0	2,234.81
209	266.4	119.76	639.36	871.056	416.124	0	2,312.70
210	266.4	119.76	713.952	814.248	416.124	0	2,330.48
211	269.064	119.76	671.328	814.248	416.124	0	2,290.52
212	266.4	119.76	713.952	719.568	416.124	0	2,235.80
213	255.744	137.724	650.016	833.184	416.124	0	2,292.79
214	253.08	143.712	724.608	776.376	416.124	0	2,313.90
215	255.744	143.712	681.984	776.376	416.124	0	2,273.94
216	255.744	143.712	735.264	681.696	416.124	0	2,232.54

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
217	255.744	143.712	607.392	927.864	416.124	0	2,350.84
218	255.744	137.724	671.328	833.184	416.124	0	2,314.10
219	255.744	137.724	628.704	852.12	416.124	0	2,290.42
220	253.08	137.724	681.984	795.312	416.124	0	2,284.22
221	242.424	161.676	628.704	908.928	416.124	0	2,357.86
222	242.424	161.676	681.984	833.184	416.124	0	2,335.39
223	242.424	161.676	650.016	814.248	416.124	0	2,284.49
224	242.424	161.676	703.296	738.504	416.124	0	2,262.02
225	258.408	125.748	671.328	738.504	508.596	0	2,302.58
226	255.744	125.748	713.952	662.76	508.596	0	2,266.80
227	255.744	125.748	671.328	662.76	508.596	0	2,224.18
228	258.408	125.748	735.264	587.016	508.596	0	2,215.03
229	245.088	149.7	681.984	700.632	508.596	0	2,286.00
230	245.088	149.7	735.264	624.888	508.596	0	2,263.54
231	245.088	149.7	692.64	624.888	508.596	0	2,220.91
232	245.088	149.7	745.92	549.144	508.596	0	2,198.45
233	245.088	143.712	628.704	776.376	508.596	0	2,302.48
234	245.088	149.7	681.984	700.632	508.596	0	2,286.00
235	245.088	143.712	650.016	700.632	508.596	0	2,248.04
236	245.088	149.7	703.296	624.888	508.596	0	2,231.57
237	231.768	167.664	639.36	738.504	508.596	0	2,285.89
238	234.432	167.664	692.64	662.76	508.596	0	2,266.09
239	231.768	173.652	639.36	662.76	508.596	0	2,216.14
240	231.768	167.664	703.296	587.016	508.596	0	2,198.34
241	255.744	125.748	660.672	757.44	508.596	0	2,308.20
242	258.408	125.748	692.64	681.696	508.596	0	2,267.09
243	258.408	125.748	671.328	681.696	508.596	0	2,245.78

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
244	258.408	125.748	713.952	605.952	508.596	0	2,212.66
245	245.088	149.7	660.672	719.568	508.596	0	2,283.62
246	245.088	149.7	713.952	643.824	508.596	0	2,261.16
247	245.088	149.7	671.328	643.824	508.596	0	2,218.54
248	245.088	149.7	735.264	568.08	508.596	0	2,206.73
249	245.088	143.712	607.392	795.312	508.596	0	2,300.10
250	245.088	149.7	671.328	719.568	508.596	0	2,294.28
251	245.088	149.7	628.704	719.568	508.596	0	2,251.66
252	245.088	143.712	692.64	643.824	508.596	0	2,233.86
253	234.432	167.664	628.704	757.44	508.596	0	2,296.84
254	231.768	167.664	681.984	681.696	508.596	0	2,271.71
255	231.768	167.664	639.36	681.696	508.596	0	2,229.08
256	231.768	167.664	692.64	605.952	508.596	0	2,206.62
257	362.304	83.832	724.608	814.248	138.708	184.8	2,308.50
258	359.64	83.832	767.232	757.44	138.708	184.8	2,291.65
259	362.304	83.832	745.92	757.44	138.708	184.8	2,273.00
260	359.64	83.832	788.544	662.76	138.708	184.8	2,218.28
261	348.984	107.784	735.264	795.312	138.708	184.8	2,310.85
262	348.984	107.784	788.544	700.632	138.708	184.8	2,269.45
263	348.984	107.784	756.576	700.632	138.708	184.8	2,237.48
264	348.984	107.784	809.856	643.824	138.708	184.8	2,233.96
265	348.984	107.784	681.984	889.992	138.708	184.8	2,352.25
266	348.984	107.784	745.92	795.312	138.708	184.8	2,321.51
267	351.648	107.784	703.296	795.312	138.708	184.8	2,281.55
268	348.984	107.784	756.576	719.568	138.708	184.8	2,256.42
269	338.328	125.748	703.296	833.184	138.708	184.8	2,324.06
270	335.664	131.736	745.92	757.44	138.708	184.8	2,294.27

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
271	335.664	131.736	713.952	738.504	138.708	184.8	2,243.36
272	338.328	131.736	777.888	662.76	138.708	184.8	2,234.22
273	359.64	83.832	713.952	833.184	138.708	184.8	2,314.12
274	359.64	83.832	767.232	776.376	138.708	184.8	2,310.59
275	359.64	83.832	735.264	776.376	138.708	184.8	2,278.62
276	362.304	83.832	788.544	700.632	138.708	184.8	2,258.82
277	348.984	107.784	735.264	814.248	138.708	184.8	2,329.79
278	348.984	107.784	788.544	738.504	138.708	184.8	2,307.32
279	348.984	107.784	745.92	719.568	138.708	184.8	2,245.76
280	348.984	107.784	799.2	643.824	138.708	184.8	2,223.30
281	348.984	107.784	681.984	889.992	138.708	184.8	2,352.25
282	348.984	107.784	735.264	814.248	138.708	184.8	2,329.79
283	348.984	107.784	703.296	833.184	138.708	184.8	2,316.76
284	348.984	107.784	745.92	738.504	138.708	184.8	2,264.70
285	335.664	131.736	692.64	852.12	138.708	184.8	2,335.67
286	335.664	131.736	745.92	757.44	138.708	184.8	2,294.27
287	335.664	131.736	703.296	795.312	138.708	184.8	2,289.52
288	335.664	131.736	777.888	700.632	138.708	184.8	2,269.43
289	351.648	89.82	724.608	700.632	231.18	184.8	2,282.69
290	351.648	89.82	767.232	624.888	231.18	184.8	2,249.57
291	348.984	89.82	724.608	624.888	231.18	184.8	2,204.28
292	351.648	89.82	788.544	549.144	231.18	184.8	2,195.14
293	338.328	113.772	745.92	662.76	231.18	184.8	2,276.76
294	338.328	113.772	799.2	587.016	231.18	184.8	2,254.30
295	338.328	113.772	756.576	587.016	231.18	184.8	2,211.67
296	338.328	113.772	820.512	511.272	231.18	184.8	2,199.86
297	338.328	113.772	692.64	738.504	231.18	184.8	2,299.22

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
298	338.328	113.772	745.92	662.76	231.18	184.8	2,276.76
299	338.328	113.772	703.296	662.76	231.18	184.8	2,234.14
300	338.328	113.772	756.576	587.016	231.18	184.8	2,211.67
301	327.672	137.724	724.608	700.632	231.18	184.8	2,306.62
302	325.008	137.724	756.576	624.888	231.18	184.8	2,260.18
303	325.008	137.724	703.296	624.888	231.18	184.8	2,206.90
304	325.008	137.724	767.232	549.144	231.18	184.8	2,195.09
305	348.984	89.82	724.608	719.568	231.18	184.8	2,298.96
306	351.648	89.82	777.888	643.824	231.18	184.8	2,279.16
307	351.648	89.82	724.608	643.824	231.18	184.8	2,225.88
308	348.984	89.82	788.544	568.08	231.18	184.8	2,211.41
309	338.328	113.772	735.264	681.696	231.18	184.8	2,285.04
310	338.328	113.772	788.544	605.952	231.18	184.8	2,262.58
311	338.328	113.772	745.92	605.952	231.18	184.8	2,219.95
312	338.328	113.772	788.544	530.208	231.18	184.8	2,186.83
313	338.328	113.772	681.984	757.44	231.18	184.8	2,307.50
314	338.328	113.772	735.264	681.696	231.18	184.8	2,285.04
315	338.328	113.772	692.64	681.696	231.18	184.8	2,242.42
316	338.328	113.772	756.576	605.952	231.18	184.8	2,230.61
317	327.672	137.724	692.64	719.568	231.18	184.8	2,293.58
318	330.336	137.724	756.576	643.824	231.18	184.8	2,284.44
319	327.672	137.724	713.952	643.824	231.18	184.8	2,239.15
320	327.672	137.724	756.576	568.08	231.18	184.8	2,206.03
321	340.992	119.76	735.264	795.312	138.708	184.8	2,314.84
322	340.992	119.76	777.888	719.568	138.708	184.8	2,281.72
323	340.992	119.76	735.264	719.568	138.708	184.8	2,239.09
324	340.992	119.76	799.2	662.76	138.708	184.8	2,246.22

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
325	327.672	143.712	735.264	738.504	138.708	184.8	2,268.66
326	327.672	143.712	788.544	681.696	138.708	184.8	2,265.13
327	330.336	143.712	756.576	700.632	138.708	184.8	2,254.76
328	327.672	143.712	799.2	587.016	138.708	184.8	2,181.11
329	330.336	143.712	703.296	833.184	138.708	184.8	2,334.04
330	327.672	137.724	745.92	757.44	138.708	184.8	2,292.26
331	327.672	137.724	703.296	776.376	138.708	184.8	2,268.58
332	330.336	143.712	767.232	700.632	138.708	184.8	2,265.42
333	317.016	161.676	713.952	795.312	138.708	184.8	2,311.46
334	317.016	161.676	756.576	719.568	138.708	184.8	2,278.34
335	317.016	161.676	724.608	719.568	138.708	184.8	2,246.38
336	317.016	161.676	767.232	662.76	138.708	184.8	2,232.19
337	340.992	119.76	713.952	795.312	138.708	184.8	2,293.52
338	343.656	119.76	788.544	719.568	138.708	184.8	2,295.04
339	340.992	119.76	724.608	738.504	138.708	184.8	2,247.37
340	340.992	119.76	777.888	643.824	138.708	184.8	2,205.97
341	330.336	137.724	735.264	776.376	138.708	184.8	2,303.21
342	327.672	143.712	777.888	700.632	138.708	184.8	2,273.41
343	330.336	143.712	745.92	700.632	138.708	184.8	2,244.11
344	327.672	143.712	799.2	643.824	138.708	184.8	2,237.92
345	330.336	137.724	681.984	852.12	138.708	184.8	2,325.67
346	330.336	137.724	735.264	795.312	138.708	184.8	2,322.14
347	330.336	137.724	703.296	776.376	138.708	184.8	2,271.24
348	327.672	137.724	745.92	700.632	138.708	184.8	2,235.46
349	317.016	161.676	692.64	795.312	138.708	184.8	2,290.15
350	317.016	161.676	745.92	719.568	138.708	184.8	2,267.69
351	317.016	161.676	713.952	719.568	138.708	184.8	2,235.72

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
352	317.016	161.676	756.576	643.824	138.708	184.8	2,202.60
353	330.336	125.748	724.608	662.76	231.18	184.8	2,259.43
354	333	125.748	777.888	587.016	231.18	184.8	2,239.63
355	330.336	125.748	756.576	587.016	231.18	184.8	2,215.66
356	330.336	125.748	788.544	511.272	231.18	184.8	2,171.88
357	319.68	149.7	745.92	624.888	231.18	184.8	2,256.17
358	319.68	149.7	799.2	549.144	231.18	184.8	2,233.70
359	317.016	149.7	767.232	549.144	231.18	184.8	2,199.07
360	317.016	149.7	799.2	473.4	231.18	184.8	2,155.30
361	319.68	143.712	692.64	700.632	231.18	184.8	2,272.64
362	319.68	143.712	735.264	624.888	231.18	184.8	2,239.52
363	317.016	143.712	703.296	624.888	231.18	184.8	2,204.89
364	319.68	143.712	756.576	549.144	231.18	184.8	2,185.09
365	306.36	167.664	713.952	662.76	231.18	184.8	2,266.72
366	306.36	167.664	745.92	587.016	231.18	184.8	2,222.94
367	306.36	167.664	713.952	587.016	231.18	184.8	2,190.97
368	306.36	167.664	767.232	511.272	231.18	184.8	2,168.51
369	330.336	125.748	713.952	681.696	231.18	184.8	2,267.71
370	333	125.748	767.232	605.952	231.18	184.8	2,247.91
371	333	125.748	713.952	605.952	231.18	184.8	2,194.63
372	330.336	125.748	788.544	530.208	231.18	184.8	2,190.82
373	319.68	149.7	735.264	643.824	231.18	184.8	2,264.45
374	319.68	149.7	777.888	568.08	231.18	184.8	2,231.33
375	317.016	149.7	745.92	568.08	231.18	184.8	2,196.70
376	319.68	149.7	809.856	492.336	231.18	184.8	2,187.55
377	319.68	143.712	681.984	719.568	231.18	184.8	2,280.92
378	319.68	143.712	745.92	643.824	231.18	184.8	2,269.12

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25	Summary
	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.
379	317.016	149.7	692.64	643.824	231.18	184.8	2,219.16
380	319.68	143.712	735.264	568.08	231.18	184.8	2,182.72
381	306.36	173.652	692.64	681.696	231.18	184.8	2,270.33
382	306.36	167.664	745.92	605.952	231.18	184.8	2,241.88
383	306.36	173.652	713.952	605.952	231.18	184.8	2,215.90
384	306.36	167.664	767.232	530.208	231.18	184.8	2,187.44
385	285.048	83.832	650.016	738.504	416.124	184.8	2,358.32
386	285.048	83.832	713.952	662.76	416.124	184.8	2,346.52
387	287.712	83.832	681.984	662.76	416.124	184.8	2,317.21
388	287.712	83.832	724.608	587.016	416.124	184.8	2,284.09
389	274.392	107.784	671.328	700.632	416.124	184.8	2,355.06
390	274.392	107.784	735.264	605.952	416.124	184.8	2,324.32
391	274.392	107.784	692.64	605.952	416.124	184.8	2,281.69
392	274.392	107.784	745.92	549.144	416.124	184.8	2,278.16
393	274.392	107.784	628.704	757.44	416.124	184.8	2,369.24
394	274.392	107.784	671.328	681.696	416.124	184.8	2,336.12
395	274.392	107.784	628.704	719.568	416.124	184.8	2,331.37
396	274.392	107.784	692.64	624.888	416.124	184.8	2,300.63
397	261.072	131.736	628.704	757.44	416.124	184.8	2,379.88
398	261.072	125.748	692.64	662.76	416.124	184.8	2,343.14
399	263.736	131.736	639.36	643.824	416.124	184.8	2,279.58
400	261.072	131.736	703.296	587.016	416.124	184.8	2,284.04
401	287.712	83.832	639.36	757.44	416.124	184.8	2,369.27
402	285.048	83.832	713.952	681.696	416.124	184.8	2,365.45
403	287.712	83.832	660.672	700.632	416.124	184.8	2,333.77
404	285.048	83.832	713.952	605.952	416.124	184.8	2,289.71
405	274.392	107.784	671.328	719.568	416.124	184.8	2,374.00

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
406	274.392	107.784	724.608	643.824	416.124	184.8	2,351.53
407	274.392	107.784	681.984	643.824	416.124	184.8	2,308.91
408	274.392	107.784	724.608	568.08	416.124	184.8	2,275.79
409	274.392	107.784	607.392	814.248	416.124	184.8	2,404.74
410	274.392	107.784	660.672	719.568	416.124	184.8	2,363.34
411	274.392	107.784	639.36	719.568	416.124	184.8	2,342.03
412	274.392	107.784	681.984	643.824	416.124	184.8	2,308.91
413	263.736	131.736	639.36	757.44	416.124	184.8	2,393.20
414	263.736	131.736	681.984	662.76	416.124	184.8	2,341.14
415	261.072	131.736	650.016	681.696	416.124	184.8	2,325.44
416	261.072	131.736	681.984	605.952	416.124	184.8	2,281.67
417	277.056	89.82	671.328	605.952	508.596	184.8	2,337.55
418	277.056	89.82	713.952	530.208	508.596	184.8	2,304.43
419	274.392	89.82	681.984	530.208	508.596	184.8	2,269.80
420	277.056	89.82	724.608	454.464	508.596	184.8	2,239.34
421	263.736	113.772	671.328	568.08	508.596	184.8	2,310.31
422	266.4	113.772	724.608	492.336	508.596	184.8	2,290.51
423	263.736	113.772	692.64	492.336	508.596	184.8	2,255.88
424	263.736	113.772	745.92	416.592	508.596	184.8	2,233.42
425	263.736	113.772	639.36	643.824	508.596	184.8	2,354.09
426	263.736	113.772	681.984	568.08	508.596	184.8	2,320.97
427	266.4	113.772	639.36	568.08	508.596	184.8	2,281.01
428	263.736	113.772	703.296	492.336	508.596	184.8	2,266.54
429	253.08	137.724	639.36	605.952	508.596	184.8	2,329.51
430	253.08	137.724	692.64	530.208	508.596	184.8	2,307.05
431	253.08	137.724	650.016	530.208	508.596	184.8	2,264.42
432	253.08	137.724	703.296	454.464	508.596	184.8	2,241.96

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
433	277.056	89.82	660.672	624.888	508.596	184.8	2,345.83
434	277.056	89.82	703.296	549.144	508.596	184.8	2,312.71
435	277.056	89.82	660.672	549.144	508.596	184.8	2,270.09
436	277.056	89.82	724.608	473.4	508.596	184.8	2,258.28
437	266.4	113.772	671.328	587.016	508.596	184.8	2,331.91
438	263.736	113.772	713.952	511.272	508.596	184.8	2,296.13
439	263.736	113.772	681.984	511.272	508.596	184.8	2,264.16
440	263.736	113.772	745.92	435.528	508.596	184.8	2,252.35
441	263.736	113.772	618.048	662.76	508.596	184.8	2,351.71
442	263.736	113.772	671.328	587.016	508.596	184.8	2,329.25
443	263.736	113.772	628.704	587.016	508.596	184.8	2,286.62
444	263.736	113.772	671.328	511.272	508.596	184.8	2,253.50
445	253.08	137.724	628.704	624.888	508.596	184.8	2,337.79
446	253.08	137.724	671.328	549.144	508.596	184.8	2,304.67
447	253.08	137.724	639.36	549.144	508.596	184.8	2,272.70
448	253.08	137.724	692.64	473.4	508.596	184.8	2,250.24
449	266.4	119.76	650.016	700.632	416.124	184.8	2,337.73
450	269.064	119.76	713.952	624.888	416.124	184.8	2,328.59
451	266.4	119.76	681.984	605.952	416.124	184.8	2,275.02
452	266.4	119.76	724.608	568.08	416.124	184.8	2,279.77
453	255.744	143.712	671.328	681.696	416.124	184.8	2,353.40
454	253.08	143.712	724.608	568.08	416.124	184.8	2,290.40
455	255.744	143.712	703.296	587.016	416.124	184.8	2,290.69
456	255.744	143.712	735.264	511.272	416.124	184.8	2,246.92
457	255.744	137.724	618.048	757.44	416.124	184.8	2,369.88
458	255.744	137.724	681.984	643.824	416.124	184.8	2,320.20
459	255.744	137.724	628.704	681.696	416.124	184.8	2,304.79

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
460	255.744	137.724	692.64	568.08	416.124	184.8	2,255.11
461	242.424	161.676	639.36	681.696	416.124	184.8	2,326.08
462	242.424	161.676	692.64	624.888	416.124	184.8	2,322.55
463	242.424	161.676	639.36	605.952	416.124	184.8	2,250.34
464	242.424	161.676	692.64	549.144	416.124	184.8	2,246.81
465	269.064	119.76	639.36	700.632	416.124	184.8	2,329.74
466	266.4	119.76	703.296	624.888	416.124	184.8	2,315.27
467	266.4	119.76	660.672	624.888	416.124	184.8	2,272.64
468	266.4	119.76	713.952	549.144	416.124	184.8	2,250.18
469	255.744	143.712	660.672	681.696	416.124	184.8	2,342.75
470	253.08	137.724	724.608	587.016	416.124	184.8	2,303.35
471	253.08	143.712	681.984	587.016	416.124	184.8	2,266.72
472	255.744	143.712	735.264	511.272	416.124	184.8	2,246.92
473	253.08	137.724	607.392	757.44	416.124	184.8	2,356.56
474	255.744	137.724	660.672	662.76	416.124	184.8	2,317.82
475	255.744	137.724	628.704	662.76	416.124	184.8	2,285.86
476	255.744	137.724	681.984	605.952	416.124	184.8	2,282.33
477	242.424	161.676	639.36	719.568	416.124	184.8	2,363.95
478	242.424	161.676	692.64	624.888	416.124	184.8	2,322.55
479	242.424	161.676	650.016	643.824	416.124	184.8	2,298.86
480	242.424	161.676	692.64	568.08	416.124	184.8	2,265.74
481	255.744	125.748	660.672	568.08	508.596	184.8	2,303.64
482	258.408	125.748	713.952	492.336	508.596	184.8	2,283.84
483	258.408	125.748	671.328	492.336	508.596	184.8	2,241.22
484	255.744	125.748	724.608	416.592	508.596	184.8	2,216.09
485	245.088	149.7	681.984	530.208	508.596	184.8	2,300.38
486	245.088	149.7	724.608	454.464	508.596	184.8	2,267.26

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
487	245.088	149.7	692.64	454.464	508.596	184.8	2,235.29
488	245.088	149.7	745.92	378.72	508.596	184.8	2,212.82
489	245.088	143.712	618.048	605.952	508.596	184.8	2,306.20
490	245.088	149.7	671.328	530.208	508.596	184.8	2,289.72
491	245.088	143.712	639.36	530.208	508.596	184.8	2,251.76
492	245.088	143.712	713.952	454.464	508.596	184.8	2,250.61
493	231.768	167.664	650.016	568.08	508.596	184.8	2,310.92
494	234.432	173.652	692.64	492.336	508.596	184.8	2,286.46
495	231.768	167.664	639.36	492.336	508.596	184.8	2,224.52
496	231.768	167.664	703.296	416.592	508.596	184.8	2,212.72
497	258.408	125.748	650.016	587.016	508.596	184.8	2,314.58
498	255.744	125.748	692.64	511.272	508.596	184.8	2,278.80
499	255.744	125.748	671.328	511.272	508.596	184.8	2,257.49
500	258.408	125.748	724.608	435.528	508.596	184.8	2,237.69
501	242.424	149.7	660.672	549.144	508.596	184.8	2,295.34
502	245.088	149.7	724.608	473.4	508.596	184.8	2,286.19
503	245.088	149.7	681.984	473.4	508.596	184.8	2,243.57
504	245.088	149.7	745.92	397.656	508.596	184.8	2,231.76
505	245.088	149.7	607.392	624.888	508.596	184.8	2,320.46
506	245.088	143.712	671.328	549.144	508.596	184.8	2,302.67
507	245.088	149.7	618.048	549.144	508.596	184.8	2,255.38
508	245.088	143.712	692.64	473.4	508.596	184.8	2,248.24
509	234.432	167.664	639.36	587.016	508.596	184.8	2,321.87
510	234.432	167.664	681.984	511.272	508.596	184.8	2,288.75
511	234.432	167.664	639.36	511.272	508.596	184.8	2,246.12
512	234.432	167.664	713.952	435.528	508.596	184.8	2,244.97
513	362.304	113.772	713.952	946.8	138.708	0	2,275.54

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
514	359.64	113.772	767.232	871.056	138.708	0	2,250.41
515	359.64	113.772	735.264	852.12	138.708	0	2,199.50
516	362.304	113.772	799.2	776.376	138.708	0	2,190.36
517	348.984	137.724	745.92	889.992	138.708	0	2,261.33
518	348.984	137.724	809.856	814.248	138.708	0	2,249.52
519	348.984	137.724	756.576	814.248	138.708	0	2,196.24
520	348.984	137.724	788.544	757.44	138.708	0	2,171.40
521	348.984	137.724	681.984	965.736	138.708	0	2,273.14
522	348.984	131.736	735.264	889.992	138.708	0	2,244.68
523	348.984	131.736	692.64	889.992	138.708	0	2,202.06
524	348.984	131.736	745.92	814.248	138.708	0	2,179.60
525	335.664	155.688	703.296	908.928	138.708	0	2,242.28
526	335.664	155.688	756.576	852.12	138.708	0	2,238.76
527	335.664	155.688	724.608	852.12	138.708	0	2,206.79
528	335.664	161.676	767.232	757.44	138.708	0	2,160.72
529	362.304	113.772	713.952	927.864	138.708	0	2,256.60
530	359.64	113.772	777.888	871.056	138.708	0	2,261.06
531	359.64	113.772	745.92	852.12	138.708	0	2,210.16
532	362.304	113.772	777.888	795.312	138.708	0	2,187.98
533	348.984	137.724	724.608	889.992	138.708	0	2,240.02
534	348.984	137.724	777.888	852.12	138.708	0	2,255.42
535	348.984	137.724	735.264	833.184	138.708	0	2,193.86
536	348.984	137.724	799.2	738.504	138.708	0	2,163.12
537	346.32	131.736	692.64	984.672	138.708	0	2,294.08
538	348.984	131.736	724.608	927.864	138.708	0	2,271.90
539	348.984	137.724	692.64	908.928	138.708	0	2,226.98
540	348.984	137.724	745.92	814.248	138.708	0	2,185.58

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
541	335.664	161.676	692.64	946.8	138.708	0	2,275.49
542	338.328	155.688	745.92	889.992	138.708	0	2,268.64
543	338.328	155.688	713.952	889.992	138.708	0	2,236.67
544	335.664	155.688	756.576	776.376	138.708	0	2,163.01
545	351.648	119.76	724.608	795.312	231.18	0	2,222.51
546	351.648	119.76	777.888	719.568	231.18	0	2,200.04
547	348.984	119.76	745.92	719.568	231.18	0	2,165.41
548	348.984	119.76	799.2	643.824	231.18	0	2,142.95
549	338.328	143.712	735.264	757.44	231.18	0	2,205.92
550	338.328	143.712	788.544	681.696	231.18	0	2,183.46
551	338.328	143.712	745.92	681.696	231.18	0	2,140.84
552	338.328	143.712	799.2	605.952	231.18	0	2,118.37
553	338.328	137.724	681.984	833.184	231.18	0	2,222.40
554	338.328	143.712	735.264	757.44	231.18	0	2,205.92
555	338.328	143.712	713.952	757.44	231.18	0	2,184.61
556	338.328	137.724	767.232	681.696	231.18	0	2,156.16
557	327.672	167.664	703.296	795.312	231.18	0	2,225.12
558	325.008	167.664	756.576	719.568	231.18	0	2,200.00
559	325.008	167.664	735.264	719.568	231.18	0	2,178.68
560	325.008	167.664	767.232	643.824	231.18	0	2,134.91
561	351.648	119.76	713.952	814.248	231.18	0	2,230.79
562	351.648	119.76	767.232	738.504	231.18	0	2,208.32
563	351.648	119.76	724.608	738.504	231.18	0	2,165.70
564	351.648	119.76	799.2	662.76	231.18	0	2,164.55
565	338.328	143.712	735.264	776.376	231.18	0	2,224.86
566	338.328	143.712	788.544	700.632	231.18	0	2,202.40
567	338.328	143.712	756.576	700.632	231.18	0	2,170.43

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
568	338.328	143.712	777.888	624.888	231.18	0	2,116.00
569	338.328	143.712	671.328	852.12	231.18	0	2,236.67
570	338.328	143.712	735.264	776.376	231.18	0	2,224.86
571	338.328	137.724	692.64	776.376	231.18	0	2,176.25
572	335.664	143.712	745.92	700.632	231.18	0	2,157.11
573	327.672	161.676	703.296	814.248	231.18	0	2,238.07
574	325.008	161.676	745.92	738.504	231.18	0	2,202.29
575	325.008	161.676	713.952	738.504	231.18	0	2,170.32
576	327.672	161.676	756.576	662.76	231.18	0	2,139.86
577	340.992	143.712	735.264	889.992	138.708	0	2,248.67
578	343.656	149.7	777.888	814.248	138.708	0	2,224.20
579	340.992	149.7	735.264	814.248	138.708	0	2,178.91
580	340.992	143.712	799.2	719.568	138.708	0	2,142.18
581	330.336	173.652	745.92	833.184	138.708	0	2,221.80
582	327.672	167.664	777.888	776.376	138.708	0	2,188.31
583	327.672	167.664	756.576	757.44	138.708	0	2,148.06
584	327.672	167.664	809.856	700.632	138.708	0	2,144.53
585	327.672	167.664	692.64	927.864	138.708	0	2,254.55
586	327.672	167.664	735.264	852.12	138.708	0	2,221.43
587	327.672	167.664	692.64	871.056	138.708	0	2,197.74
588	327.672	167.664	756.576	757.44	138.708	0	2,148.06
589	317.016	191.616	703.296	889.992	138.708	0	2,240.63
590	319.68	191.616	745.92	814.248	138.708	0	2,210.17
591	314.352	191.616	724.608	814.248	138.708	0	2,183.53
592	317.016	191.616	777.888	738.504	138.708	0	2,163.73
593	340.992	143.712	713.952	908.928	138.708	0	2,246.29
594	340.992	149.7	777.888	833.184	138.708	0	2,240.47

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
595	340.992	143.712	724.608	833.184	138.708	0	2,181.20
596	340.992	143.712	788.544	757.44	138.708	0	2,169.40
597	330.336	173.652	724.608	871.056	138.708	0	2,238.36
598	330.336	167.664	777.888	776.376	138.708	0	2,190.97
599	327.672	167.664	735.264	776.376	138.708	0	2,145.68
600	330.336	173.652	809.856	719.568	138.708	0	2,172.12
601	330.336	167.664	671.328	965.736	138.708	0	2,273.77
602	330.336	167.664	724.608	871.056	138.708	0	2,232.37
603	327.672	167.664	692.64	852.12	138.708	0	2,178.80
604	330.336	167.664	745.92	795.312	138.708	0	2,177.94
605	317.016	191.616	703.296	889.992	138.708	0	2,240.63
606	317.016	191.616	745.92	814.248	138.708	0	2,207.51
607	317.016	191.616	713.952	833.184	138.708	0	2,194.48
608	317.016	191.616	756.576	757.44	138.708	0	2,161.36
609	330.336	155.688	713.952	757.44	231.18	0	2,188.60
610	330.336	155.688	777.888	681.696	231.18	0	2,176.79
611	330.336	149.7	735.264	681.696	231.18	0	2,128.18
612	330.336	155.688	788.544	605.952	231.18	0	2,111.70
613	319.68	179.64	756.576	719.568	231.18	0	2,206.64
614	319.68	173.652	799.2	643.824	231.18	0	2,167.54
615	317.016	179.64	735.264	643.824	231.18	0	2,106.92
616	317.016	179.64	809.856	568.08	231.18	0	2,105.77
617	319.68	173.652	692.64	795.312	231.18	0	2,212.46
618	319.68	173.652	735.264	719.568	231.18	0	2,179.34
619	319.68	173.652	703.296	719.568	231.18	0	2,147.38
620	319.68	173.652	745.92	643.824	231.18	0	2,114.26
621	306.36	197.604	703.296	757.44	231.18	0	2,195.88

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
622	306.36	197.604	756.576	681.696	231.18	0	2,173.42
623	306.36	197.604	703.296	681.696	231.18	0	2,120.14
624	306.36	197.604	777.888	605.952	231.18	0	2,118.98
625	330.336	155.688	713.952	776.376	231.18	0	2,207.53
626	330.336	149.7	777.888	700.632	231.18	0	2,189.74
627	330.336	155.688	724.608	700.632	231.18	0	2,142.44
628	333	155.688	777.888	624.888	231.18	0	2,122.64
629	319.68	179.64	735.264	738.504	231.18	0	2,204.27
630	319.68	173.652	777.888	662.76	231.18	0	2,165.16
631	319.68	179.64	735.264	662.76	231.18	0	2,128.52
632	319.68	173.652	809.856	587.016	231.18	0	2,121.38
633	319.68	173.652	681.984	814.248	231.18	0	2,220.74
634	319.68	173.652	735.264	738.504	231.18	0	2,198.28
635	317.016	173.652	692.64	738.504	231.18	0	2,152.99
636	319.68	173.652	767.232	662.76	231.18	0	2,154.50
637	306.36	197.604	692.64	776.376	231.18	0	2,204.16
638	306.36	197.604	756.576	700.632	231.18	0	2,192.35
639	306.36	197.604	713.952	700.632	231.18	0	2,149.73
640	306.36	197.604	756.576	624.888	231.18	0	2,116.61
641	287.712	113.772	660.672	814.248	416.124	0	2,292.53
642	287.712	113.772	703.296	738.504	416.124	0	2,259.41
643	285.048	113.772	671.328	738.504	416.124	0	2,224.78
644	285.048	113.772	713.952	681.696	416.124	0	2,210.59
645	274.392	137.724	681.984	776.376	416.124	0	2,286.60
646	274.392	137.724	735.264	700.632	416.124	0	2,264.14
647	274.392	137.724	671.328	719.568	416.124	0	2,219.14
648	274.392	137.724	735.264	643.824	416.124	0	2,207.33

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
649	274.392	137.724	628.704	871.056	416.124	0	2,328.00
650	274.392	131.736	671.328	814.248	416.124	0	2,307.83
651	274.392	137.724	639.36	776.376	416.124	0	2,243.98
652	274.392	137.724	703.296	719.568	416.124	0	2,251.10
653	261.072	155.688	639.36	833.184	416.124	0	2,305.43
654	261.072	155.688	692.64	757.44	416.124	0	2,282.96
655	263.736	155.688	650.016	776.376	416.124	0	2,261.94
656	263.736	161.676	703.296	681.696	416.124	0	2,226.53
657	287.712	113.772	650.016	871.056	416.124	0	2,338.68
658	287.712	113.772	692.64	757.44	416.124	0	2,267.69
659	285.048	113.772	671.328	757.44	416.124	0	2,243.71
660	285.048	113.772	703.296	700.632	416.124	0	2,218.87
661	274.392	137.724	671.328	833.184	416.124	0	2,332.75
662	274.392	137.724	735.264	738.504	416.124	0	2,302.01
663	274.392	137.724	692.64	719.568	416.124	0	2,240.45
664	274.392	137.724	745.92	643.824	416.124	0	2,217.98
665	274.392	131.736	607.392	871.056	416.124	0	2,300.70
666	274.392	137.724	660.672	814.248	416.124	0	2,303.16
667	274.392	131.736	618.048	833.184	416.124	0	2,273.48
668	274.392	131.736	681.984	757.44	416.124	0	2,261.68
669	261.072	161.676	628.704	852.12	416.124	0	2,319.70
670	263.736	155.688	660.672	776.376	416.124	0	2,272.60
671	261.072	155.688	660.672	795.312	416.124	0	2,288.87
672	261.072	155.688	681.984	700.632	416.124	0	2,215.50
673	277.056	119.76	660.672	700.632	508.596	0	2,266.72
674	277.056	119.76	713.952	624.888	508.596	0	2,244.25
675	277.056	119.76	660.672	624.888	508.596	0	2,190.97

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
676	277.056	119.76	713.952	549.144	508.596	0	2,168.51
677	263.736	143.712	681.984	662.76	508.596	0	2,260.79
678	263.736	143.712	735.264	587.016	508.596	0	2,238.32
679	263.736	143.712	692.64	587.016	508.596	0	2,195.70
680	263.736	143.712	745.92	511.272	508.596	0	2,173.24
681	263.736	143.712	628.704	738.504	508.596	0	2,283.25
682	266.4	137.724	681.984	662.76	508.596	0	2,257.46
683	263.736	143.712	639.36	662.76	508.596	0	2,218.16
684	263.736	143.712	703.296	587.016	508.596	0	2,206.36
685	253.08	167.664	650.016	700.632	508.596	0	2,279.99
686	253.08	161.676	703.296	624.888	508.596	0	2,251.54
687	250.416	167.664	660.672	624.888	508.596	0	2,212.24
688	253.08	167.664	703.296	549.144	508.596	0	2,181.78
689	277.056	119.76	650.016	719.568	508.596	0	2,275.00
690	277.056	119.76	703.296	643.824	508.596	0	2,252.53
691	277.056	119.76	660.672	643.824	508.596	0	2,209.91
692	277.056	119.76	724.608	568.08	508.596	0	2,198.10
693	263.736	143.712	660.672	681.696	508.596	0	2,258.41
694	263.736	143.712	724.608	605.952	508.596	0	2,246.60
695	263.736	143.712	681.984	605.952	508.596	0	2,203.98
696	263.736	143.712	735.264	530.208	508.596	0	2,181.52
697	263.736	137.724	618.048	757.44	508.596	0	2,285.54
698	266.4	143.712	671.328	681.696	508.596	0	2,271.73
699	263.736	143.712	628.704	681.696	508.596	0	2,226.44
700	263.736	137.724	681.984	605.952	508.596	0	2,197.99
701	253.08	161.676	618.048	719.568	508.596	0	2,260.97
702	253.08	167.664	681.984	643.824	508.596	0	2,255.15

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
703	253.08	167.664	650.016	643.824	508.596	0	2,223.18
704	253.08	161.676	692.64	568.08	508.596	0	2,184.07
705	266.4	149.7	660.672	776.376	416.124	0	2,269.27
706	266.4	143.712	713.952	719.568	416.124	0	2,259.76
707	266.4	143.712	681.984	719.568	416.124	0	2,227.79
708	266.4	149.7	713.952	662.76	416.124	0	2,208.94
709	253.08	167.664	681.984	757.44	416.124	0	2,276.29
710	255.744	167.664	735.264	681.696	416.124	0	2,256.49
711	255.744	167.664	692.64	681.696	416.124	0	2,213.87
712	255.744	173.652	735.264	587.016	416.124	0	2,167.80
713	255.744	167.664	618.048	814.248	416.124	0	2,271.83
714	255.744	167.664	671.328	757.44	416.124	0	2,268.30
715	255.744	167.664	650.016	757.44	416.124	0	2,246.99
716	255.744	167.664	692.64	681.696	416.124	0	2,213.87
717	245.088	191.616	639.36	795.312	416.124	0	2,287.50
718	242.424	191.616	692.64	719.568	416.124	0	2,262.37
719	242.424	191.616	650.016	719.568	416.124	0	2,219.75
720	242.424	191.616	713.952	662.76	416.124	0	2,226.88
721	266.4	149.7	650.016	814.248	416.124	0	2,296.49
722	269.064	143.712	713.952	719.568	416.124	0	2,262.42
723	266.4	149.7	660.672	738.504	416.124	0	2,231.40
724	266.4	143.712	735.264	643.824	416.124	0	2,205.32
725	255.744	167.664	681.984	757.44	416.124	0	2,278.96
726	253.08	167.664	713.952	700.632	416.124	0	2,251.45
727	253.08	173.652	681.984	681.696	416.124	0	2,206.54
728	253.08	167.664	735.264	624.888	416.124	0	2,197.02
729	255.744	167.664	607.392	833.184	416.124	0	2,280.11

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
730	253.08	167.664	671.328	757.44	416.124	0	2,265.64
731	253.08	167.664	628.704	795.312	416.124	0	2,260.88
732	253.08	167.664	681.984	681.696	416.124	0	2,200.55
733	242.424	191.616	628.704	814.248	416.124	0	2,293.12
734	242.424	191.616	692.64	757.44	416.124	0	2,300.24
735	242.424	191.616	650.016	757.44	416.124	0	2,257.62
736	242.424	191.616	692.64	662.76	416.124	0	2,205.56
737	255.744	155.688	660.672	662.76	508.596	0	2,243.46
738	255.744	155.688	724.608	587.016	508.596	0	2,231.65
739	258.408	149.7	671.328	587.016	508.596	0	2,175.05
740	255.744	155.688	735.264	511.272	508.596	0	2,166.56
741	245.088	179.64	671.328	624.888	508.596	0	2,229.54
742	245.088	173.652	724.608	549.144	508.596	0	2,201.09
743	245.088	173.652	681.984	549.144	508.596	0	2,158.46
744	245.088	173.652	756.576	473.4	508.596	0	2,157.31
745	245.088	173.652	628.704	700.632	508.596	0	2,256.67
746	245.088	173.652	671.328	624.888	508.596	0	2,223.55
747	245.088	173.652	639.36	624.888	508.596	0	2,191.58
748	245.088	173.652	681.984	549.144	508.596	0	2,158.46
749	231.768	197.604	628.704	662.76	508.596	0	2,229.43
750	231.768	197.604	703.296	587.016	508.596	0	2,228.28
751	234.432	197.604	660.672	587.016	508.596	0	2,188.32
752	234.432	197.604	713.952	511.272	508.596	0	2,165.86
753	258.408	155.688	660.672	681.696	508.596	0	2,265.06
754	258.408	155.688	703.296	605.952	508.596	0	2,231.94
755	255.744	155.688	671.328	605.952	508.596	0	2,197.31
756	255.744	155.688	735.264	530.208	508.596	0	2,185.50

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
757	245.088	179.64	650.016	643.824	508.596	0	2,227.16
758	245.088	179.64	724.608	568.08	508.596	0	2,226.01
759	242.424	173.652	692.64	568.08	508.596	0	2,185.39
760	245.088	179.64	735.264	492.336	508.596	0	2,160.92
761	245.088	173.652	618.048	719.568	508.596	0	2,264.95
762	245.088	173.652	660.672	643.824	508.596	0	2,231.83
763	245.088	173.652	618.048	643.824	508.596	0	2,189.21
764	245.088	173.652	681.984	568.08	508.596	0	2,177.40
765	234.432	197.604	639.36	681.696	508.596	0	2,261.69
766	234.432	197.604	692.64	605.952	508.596	0	2,239.22
767	234.432	197.604	650.016	605.952	508.596	0	2,196.60
768	231.768	197.604	692.64	530.208	508.596	0	2,160.82
769	362.304	113.772	724.608	738.504	138.708	184.8	2,262.70
770	359.64	113.772	777.888	700.632	138.708	184.8	2,275.44
771	359.64	113.772	745.92	681.696	138.708	184.8	2,224.54
772	359.64	113.772	788.544	587.016	138.708	184.8	2,172.48
773	348.984	137.724	735.264	719.568	138.708	184.8	2,265.05
774	348.984	137.724	777.888	662.76	138.708	184.8	2,250.86
775	348.984	137.724	745.92	643.824	138.708	184.8	2,199.96
776	348.984	137.724	799.2	549.144	138.708	184.8	2,158.56
777	348.984	131.736	692.64	814.248	138.708	184.8	2,311.12
778	348.984	131.736	735.264	719.568	138.708	184.8	2,259.06
779	348.984	131.736	703.296	719.568	138.708	184.8	2,227.09
780	348.984	131.736	756.576	643.824	138.708	184.8	2,204.63
781	338.328	155.688	692.64	738.504	138.708	184.8	2,248.67
782	335.664	161.676	767.232	681.696	138.708	184.8	2,269.78
783	338.328	155.688	713.952	662.76	138.708	184.8	2,194.24

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
784	338.328	155.688	767.232	587.016	138.708	184.8	2,171.77
785	359.64	113.772	713.952	757.44	138.708	184.8	2,268.31
786	359.64	113.772	767.232	700.632	138.708	184.8	2,264.78
787	359.64	113.772	735.264	681.696	138.708	184.8	2,213.88
788	359.64	113.772	777.888	624.888	138.708	184.8	2,199.70
789	348.984	137.724	735.264	738.504	138.708	184.8	2,283.98
790	348.984	137.724	777.888	662.76	138.708	184.8	2,250.86
791	348.984	137.724	745.92	662.76	138.708	184.8	2,218.90
792	348.984	137.724	788.544	568.08	138.708	184.8	2,166.84
793	348.984	131.736	671.328	795.312	138.708	184.8	2,270.87
794	348.984	131.736	735.264	719.568	138.708	184.8	2,259.06
795	348.984	137.724	703.296	738.504	138.708	184.8	2,252.02
796	348.984	137.724	745.92	681.696	138.708	184.8	2,237.83
797	335.664	161.676	692.64	776.376	138.708	184.8	2,289.86
798	338.328	155.688	735.264	700.632	138.708	184.8	2,253.42
799	335.664	155.688	703.296	700.632	138.708	184.8	2,218.79
800	335.664	155.688	767.232	605.952	138.708	184.8	2,188.04
801	348.984	119.76	724.608	624.888	231.18	184.8	2,234.22
802	351.648	119.76	777.888	549.144	231.18	184.8	2,214.42
803	351.648	119.76	735.264	549.144	231.18	184.8	2,171.80
804	351.648	119.76	799.2	473.4	231.18	184.8	2,159.99
805	338.328	143.712	735.264	587.016	231.18	184.8	2,220.30
806	338.328	143.712	799.2	511.272	231.18	184.8	2,208.49
807	338.328	143.712	745.92	511.272	231.18	184.8	2,155.21
808	338.328	143.712	809.856	435.528	231.18	184.8	2,143.40
809	338.328	143.712	692.64	662.76	231.18	184.8	2,253.42
810	338.328	137.724	724.608	587.016	231.18	184.8	2,203.66

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
811	338.328	143.712	703.296	587.016	231.18	184.8	2,188.33
812	335.664	143.712	767.232	511.272	231.18	184.8	2,173.86
813	325.008	161.676	713.952	624.888	231.18	184.8	2,241.50
814	325.008	167.664	756.576	549.144	231.18	184.8	2,214.37
815	325.008	167.664	724.608	549.144	231.18	184.8	2,182.40
816	325.008	161.676	777.888	473.4	231.18	184.8	2,153.95
817	348.984	119.76	713.952	643.824	231.18	184.8	2,242.50
818	351.648	119.76	767.232	568.08	231.18	184.8	2,222.70
819	348.984	119.76	724.608	568.08	231.18	184.8	2,177.41
820	348.984	119.76	777.888	492.336	231.18	184.8	2,154.95
821	338.328	143.712	735.264	605.952	231.18	184.8	2,239.24
822	338.328	143.712	777.888	530.208	231.18	184.8	2,206.12
823	338.328	143.712	745.92	530.208	231.18	184.8	2,174.15
824	338.328	143.712	809.856	454.464	231.18	184.8	2,162.34
825	338.328	137.724	681.984	681.696	231.18	184.8	2,255.71
826	338.328	143.712	735.264	605.952	231.18	184.8	2,239.24
827	338.328	137.724	692.64	605.952	231.18	184.8	2,190.62
828	338.328	143.712	735.264	530.208	231.18	184.8	2,163.49
829	325.008	167.664	692.64	643.824	231.18	184.8	2,245.12
830	325.008	161.676	745.92	568.08	231.18	184.8	2,216.66
831	327.672	161.676	713.952	568.08	231.18	184.8	2,187.36
832	325.008	161.676	756.576	492.336	231.18	184.8	2,151.58
833	343.656	143.712	724.608	719.568	138.708	184.8	2,255.05
834	340.992	143.712	788.544	643.824	138.708	184.8	2,240.58
835	340.992	143.712	735.264	643.824	138.708	184.8	2,187.30
836	340.992	149.7	788.544	568.08	138.708	184.8	2,170.82
837	330.336	167.664	735.264	681.696	138.708	184.8	2,238.47

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
838	330.336	167.664	799.2	605.952	138.708	184.8	2,226.66
839	327.672	167.664	745.92	605.952	138.708	184.8	2,170.72
840	330.336	167.664	809.856	530.208	138.708	184.8	2,161.57
841	330.336	167.664	681.984	757.44	138.708	184.8	2,260.93
842	330.336	167.664	745.92	662.76	138.708	184.8	2,230.19
843	330.336	167.664	692.64	681.696	138.708	184.8	2,195.84
844	330.336	167.664	756.576	605.952	138.708	184.8	2,184.04
845	317.016	191.616	713.952	738.504	138.708	184.8	2,284.60
846	317.016	191.616	756.576	624.888	138.708	184.8	2,213.60
847	317.016	191.616	703.296	624.888	138.708	184.8	2,160.32
848	317.016	191.616	788.544	568.08	138.708	184.8	2,188.76
849	340.992	149.7	724.608	738.504	138.708	184.8	2,277.31
850	340.992	149.7	756.576	662.76	138.708	184.8	2,233.54
851	338.328	143.712	724.608	643.824	138.708	184.8	2,173.98
852	340.992	143.712	777.888	605.952	138.708	184.8	2,192.05
853	330.336	173.652	735.264	681.696	138.708	184.8	2,244.46
854	327.672	167.664	777.888	624.888	138.708	184.8	2,221.62
855	327.672	173.652	745.92	624.888	138.708	184.8	2,195.64
856	330.336	167.664	799.2	549.144	138.708	184.8	2,169.85
857	327.672	167.664	671.328	776.376	138.708	184.8	2,266.55
858	330.336	167.664	735.264	700.632	138.708	184.8	2,257.40
859	330.336	167.664	703.296	719.568	138.708	184.8	2,244.37
860	330.336	167.664	756.576	605.952	138.708	184.8	2,184.04
861	317.016	191.616	692.64	738.504	138.708	184.8	2,263.28
862	317.016	191.616	756.576	681.696	138.708	184.8	2,270.41
863	317.016	191.616	713.952	662.76	138.708	184.8	2,208.85
864	317.016	191.616	756.576	605.952	138.708	184.8	2,194.67

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
865	330.336	155.688	724.608	587.016	231.18	184.8	2,213.63
866	330.336	155.688	777.888	511.272	231.18	184.8	2,191.16
867	333	155.688	745.92	511.272	231.18	184.8	2,161.86
868	330.336	149.7	788.544	435.528	231.18	184.8	2,120.09
869	319.68	173.652	745.92	549.144	231.18	184.8	2,204.38
870	319.68	173.652	788.544	473.4	231.18	184.8	2,171.26
871	319.68	173.652	756.576	473.4	231.18	184.8	2,139.29
872	319.68	173.652	799.2	397.656	231.18	184.8	2,106.17
873	317.016	173.652	692.64	624.888	231.18	184.8	2,224.18
874	319.68	173.652	745.92	549.144	231.18	184.8	2,204.38
875	317.016	173.652	703.296	549.144	231.18	184.8	2,159.09
876	319.68	173.652	745.92	473.4	231.18	184.8	2,128.63
877	306.36	197.604	692.64	587.016	231.18	184.8	2,199.60
878	306.36	197.604	756.576	511.272	231.18	184.8	2,187.79
879	306.36	197.604	724.608	511.272	231.18	184.8	2,155.82
880	306.36	197.604	777.888	435.528	231.18	184.8	2,133.36
881	333	155.688	713.952	605.952	231.18	184.8	2,224.57
882	333	149.7	767.232	530.208	231.18	184.8	2,196.12
883	330.336	155.688	745.92	530.208	231.18	184.8	2,178.13
884	330.336	155.688	788.544	454.464	231.18	184.8	2,145.01
885	319.68	173.652	735.264	568.08	231.18	184.8	2,212.66
886	317.016	173.652	777.888	492.336	231.18	184.8	2,176.87
887	317.016	173.652	756.576	492.336	231.18	184.8	2,155.56
888	319.68	173.652	799.2	416.592	231.18	184.8	2,125.10
889	319.68	173.652	671.328	643.824	231.18	184.8	2,224.46
890	319.68	173.652	745.92	568.08	231.18	184.8	2,223.31
891	319.68	173.652	703.296	568.08	231.18	184.8	2,180.69

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
892	319.68	173.652	756.576	492.336	231.18	184.8	2,158.22
893	306.36	197.604	692.64	605.952	231.18	184.8	2,218.54
894	306.36	197.604	745.92	530.208	231.18	184.8	2,196.07
895	306.36	197.604	713.952	530.208	231.18	184.8	2,164.10
896	306.36	197.604	756.576	454.464	231.18	184.8	2,130.98
897	285.048	113.772	660.672	662.76	416.124	184.8	2,323.18
898	285.048	113.772	724.608	587.016	416.124	184.8	2,311.37
899	287.712	113.772	660.672	605.952	416.124	184.8	2,269.03
900	287.712	113.772	735.264	492.336	416.124	184.8	2,230.01
901	274.392	137.724	660.672	624.888	416.124	184.8	2,298.60
902	274.392	137.724	724.608	530.208	416.124	184.8	2,267.86
903	274.392	137.724	692.64	549.144	416.124	184.8	2,254.82
904	274.392	137.724	745.92	492.336	416.124	184.8	2,251.30
905	274.392	137.724	618.048	700.632	416.124	184.8	2,331.72
906	274.392	131.736	671.328	624.888	416.124	184.8	2,303.27
907	274.392	131.736	639.36	624.888	416.124	184.8	2,271.30
908	277.056	131.736	692.64	530.208	416.124	184.8	2,232.56
909	261.072	155.688	639.36	681.696	416.124	184.8	2,338.74
910	263.736	155.688	692.64	605.952	416.124	184.8	2,318.94
911	263.736	155.688	650.016	568.08	416.124	184.8	2,238.44
912	261.072	161.676	713.952	492.336	416.124	184.8	2,229.96
913	287.712	113.772	650.016	700.632	416.124	184.8	2,353.06
914	287.712	113.772	703.296	587.016	416.124	184.8	2,292.72
915	285.048	113.772	671.328	587.016	416.124	184.8	2,258.09
916	285.048	113.772	713.952	511.272	416.124	184.8	2,224.97
917	274.392	137.724	671.328	643.824	416.124	184.8	2,328.19
918	274.392	137.724	724.608	568.08	416.124	184.8	2,305.73

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
919	274.392	137.724	681.984	568.08	416.124	184.8	2,263.10
920	274.392	137.724	724.608	511.272	416.124	184.8	2,248.92
921	274.392	137.724	618.048	719.568	416.124	184.8	2,350.66
922	274.392	131.736	671.328	643.824	416.124	184.8	2,322.20
923	274.392	137.724	628.704	662.76	416.124	184.8	2,304.50
924	274.392	131.736	692.64	587.016	416.124	184.8	2,286.71
925	261.072	161.676	628.704	681.696	416.124	184.8	2,334.07
926	261.072	155.688	681.984	587.016	416.124	184.8	2,286.68
927	263.736	155.688	639.36	587.016	416.124	184.8	2,246.72
928	263.736	155.688	703.296	530.208	416.124	184.8	2,253.85
929	277.056	119.76	671.328	530.208	508.596	184.8	2,291.75
930	277.056	119.76	713.952	454.464	508.596	184.8	2,258.63
931	277.056	119.76	681.984	454.464	508.596	184.8	2,226.66
932	274.392	119.76	724.608	378.72	508.596	184.8	2,190.88
933	263.736	143.712	671.328	492.336	508.596	184.8	2,264.51
934	263.736	143.712	735.264	416.592	508.596	184.8	2,252.70
935	263.736	143.712	692.64	416.592	508.596	184.8	2,210.08
936	263.736	143.712	735.264	340.848	508.596	184.8	2,176.96
937	263.736	143.712	618.048	568.08	508.596	184.8	2,286.97
938	266.4	137.724	681.984	492.336	508.596	184.8	2,271.84
939	263.736	137.724	639.36	492.336	508.596	184.8	2,226.55
940	263.736	143.712	681.984	416.592	508.596	184.8	2,199.42
941	253.08	161.676	639.36	530.208	508.596	184.8	2,277.72
942	253.08	161.676	692.64	454.464	508.596	184.8	2,255.26
943	253.08	167.664	660.672	454.464	508.596	184.8	2,229.28
944	253.08	167.664	703.296	378.72	508.596	184.8	2,196.16
945	277.056	119.76	650.016	549.144	508.596	184.8	2,289.37

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
946	277.056	119.76	692.64	473.4	508.596	184.8	2,256.25
947	277.056	119.76	660.672	473.4	508.596	184.8	2,224.28
948	277.056	119.76	735.264	397.656	508.596	184.8	2,223.13
949	263.736	143.712	671.328	511.272	508.596	184.8	2,283.44
950	263.736	143.712	713.952	435.528	508.596	184.8	2,250.32
951	263.736	143.712	692.64	435.528	508.596	184.8	2,229.01
952	263.736	143.712	735.264	359.784	508.596	184.8	2,195.89
953	263.736	143.712	618.048	587.016	508.596	184.8	2,305.91
954	263.736	143.712	660.672	511.272	508.596	184.8	2,272.79
955	263.736	137.724	628.704	511.272	508.596	184.8	2,234.83
956	263.736	143.712	681.984	435.528	508.596	184.8	2,218.36
957	250.416	161.676	639.36	549.144	508.596	184.8	2,293.99
958	253.08	161.676	671.328	473.4	508.596	184.8	2,252.88
959	253.08	167.664	639.36	473.4	508.596	184.8	2,226.90
960	253.08	167.664	703.296	397.656	508.596	184.8	2,215.09
961	266.4	143.712	650.016	605.952	416.124	184.8	2,267.00
962	266.4	143.712	724.608	549.144	416.124	184.8	2,284.79
963	266.4	149.7	681.984	530.208	416.124	184.8	2,229.22
964	266.4	149.7	735.264	473.4	416.124	184.8	2,225.69
965	255.744	167.664	681.984	587.016	416.124	184.8	2,293.33
966	253.08	167.664	724.608	511.272	416.124	184.8	2,257.55
967	255.744	167.664	692.64	492.336	416.124	184.8	2,209.31
968	255.744	167.664	745.92	435.528	416.124	184.8	2,205.78
969	255.744	167.664	639.36	643.824	416.124	184.8	2,307.52
970	255.744	167.664	692.64	568.08	416.124	184.8	2,285.05
971	255.744	167.664	639.36	605.952	416.124	184.8	2,269.64
972	255.744	167.664	703.296	511.272	416.124	184.8	2,238.90

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
973	242.424	191.616	650.016	605.952	416.124	184.8	2,290.93
974	242.424	191.616	703.296	549.144	416.124	184.8	2,287.40
975	245.088	191.616	650.016	549.144	416.124	184.8	2,236.79
976	242.424	191.616	713.952	473.4	416.124	184.8	2,222.32
977	266.4	149.7	660.672	643.824	416.124	184.8	2,321.52
978	266.4	149.7	703.296	568.08	416.124	184.8	2,288.40
979	266.4	149.7	660.672	568.08	416.124	184.8	2,245.78
980	266.4	149.7	713.952	473.4	416.124	184.8	2,204.38
981	255.744	167.664	671.328	605.952	416.124	184.8	2,301.61
982	253.08	167.664	724.608	511.272	416.124	184.8	2,257.55
983	253.08	173.652	671.328	530.208	416.124	184.8	2,229.19
984	255.744	167.664	724.608	473.4	416.124	184.8	2,222.34
985	255.744	167.664	628.704	700.632	416.124	184.8	2,353.67
986	255.744	167.664	660.672	587.016	416.124	184.8	2,272.02
987	255.744	167.664	639.36	605.952	416.124	184.8	2,269.64
988	255.744	167.664	692.64	530.208	416.124	184.8	2,247.18
989	245.088	191.616	650.016	643.824	416.124	184.8	2,331.47
990	242.424	191.616	681.984	587.016	416.124	184.8	2,303.96
991	242.424	191.616	639.36	587.016	416.124	184.8	2,261.34
992	242.424	191.616	703.296	511.272	416.124	184.8	2,249.53
993	255.744	155.688	660.672	492.336	508.596	184.8	2,257.84
994	255.744	155.688	724.608	416.592	508.596	184.8	2,246.03
995	255.744	149.7	681.984	416.592	508.596	184.8	2,197.42
996	258.408	155.688	724.608	340.848	508.596	184.8	2,172.95
997	245.088	173.652	671.328	454.464	508.596	184.8	2,237.93
998	245.088	179.64	735.264	378.72	508.596	184.8	2,232.11
999	245.088	179.64	681.984	378.72	508.596	184.8	2,178.83

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

กรณี (Combination)	RB6 Kg.	RB9 Kg.	DB12 Kg.	DB16 Kg.	DB20 Kg.	DB25 Kg.	Summary Kg.
1000	245.088	173.652	745.92	302.976	508.596	184.8	2,161.03
1001	242.424	173.652	628.704	530.208	508.596	184.8	2,268.38
1002	245.088	173.652	671.328	454.464	508.596	184.8	2,237.93
1003	245.088	173.652	639.36	454.464	508.596	184.8	2,205.96
1004	245.088	173.652	692.64	378.72	508.596	184.8	2,183.50
1005	231.768	197.604	618.048	492.336	508.596	184.8	2,233.15
1006	231.768	197.604	692.64	416.592	508.596	184.8	2,232.00
1007	231.768	197.604	660.672	416.592	508.596	184.8	2,200.03
1008	231.768	197.604	703.296	340.848	508.596	184.8	2,166.91
1009	255.744	149.7	650.016	511.272	508.596	184.8	2,260.13
1010	255.744	155.688	692.64	435.528	508.596	184.8	2,233.00
1011	255.744	155.688	671.328	435.528	508.596	184.8	2,211.68
1012	258.408	155.688	724.608	359.784	508.596	184.8	2,191.88
1013	245.088	173.652	650.016	473.4	508.596	184.8	2,235.55
1014	245.088	179.64	713.952	397.656	508.596	184.8	2,229.73
1015	245.088	173.652	681.984	397.656	508.596	184.8	2,191.78
1016	242.424	179.64	735.264	321.912	508.596	184.8	2,172.64
1017	245.088	173.652	607.392	549.144	508.596	184.8	2,268.67
1018	245.088	173.652	671.328	473.4	508.596	184.8	2,256.86
1019	245.088	173.652	618.048	473.4	508.596	184.8	2,203.58
1020	245.088	173.652	692.64	397.656	508.596	184.8	2,202.43
1021	231.768	197.604	639.36	511.272	508.596	184.8	2,273.40
1022	234.432	197.604	692.64	435.528	508.596	184.8	2,253.60
1023	231.768	197.604	660.672	435.528	508.596	184.8	2,218.97
1024	231.768	197.604	703.296	359.784	508.596	184.8	2,185.85

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ	นายพลศิวัช ศรีบ้านโพน
วัน เดือน ปีเกิด	22 กุมภาพันธ์ 2529
สถานที่เกิด	จังหวัดขอนแก่น
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำแหน่งปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารโครงการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท ธนารักษ์พัฒนาสินทรัพย์ จำกัด รัฐวิสาหกิจสังกัดกระทรวงการคลัง
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-