บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การถอดปริมาณงานโครงสร้างสะพานนั้นมีทฤษฎีที่เข้ามาเกี่ยวข้องในการศึกษาและหลักเกณฑ์ต่างๆ ในบทนี้ได้มีความรู้เกี่ยวกับหลักการและแนวคิดโปรแกรมสเก็ตอัพหลักเกณฑ์การวัดปริมาณงานก่อสร้าง เกณฑ์การเผื่อและการคำนวณปริมาณวัสดุมวลรวมต่อหน่วย และการหาความคลาดเคลื่อน โดยการแบ่งอธิบายดังนี้

2.1 หลักการและแนวคิดของโปรแกรมสเก็ตอัพ

ศึกษาข้อมูลหลักการใช้หรือแนวคิดในการใช้โปรแกรมสเก็ตอัพในการเขียนสามมิติ การสร้างโมเดลสามมิติโดยสเก็ตอัพและการถอดปริมาณงานก่อสร้างโดยคาสั่งเสริม Profile Builder2.1 [2] ดังนี้

2.1.1 หลักการและแนวคิดโปรแกรมสเก็ตอัพ

เริ่มแรกโปรแกรมสเก็ตอัพถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท @Last Software ในปี ค.ศ. 2000 ด้วยแนวคิด "3D for everyone" (3D สำหรับทุกคน) จากนั้นทาง Goolgle ก็เกิดสนใจเจ้าโปรแกรมตัวนี้เข้าเพราะมันมีคุณสมบัติหลายอย่างตรงกับที่ต้องการ เช่น ใช้งานง่าย ใช้ทรัพยากรเครื่องต่ำ กินเนื้อที่เครื่องน้อย ประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้โปรแกรมสเก็ตอัพจึงเหมาะอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับให้คนทั่วไป [4]

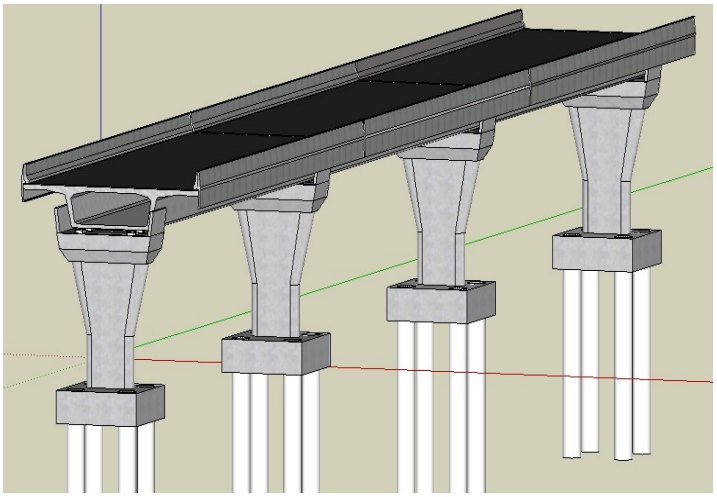
คุณสมบัติของโปรแกรมสเก็ตอัพ

- มีเครื่องมือหลายตัวที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการออกแบบให้ง่ายขึ้น
- มีการออกแบบเมนูเครื่องมือที่ในการวาดแบบ ให้คล้ายกับของโปรแกรม Photoshop หรือ Paint ใน Windows เพื่อย่นระยะในการทำความเข้าใจ และง่ายในการเรียนรู้
- สามารถหมุนดูวัตถุ 3 มิติ หรือแบบ 2 มิติได้ 360 องศา อีกทั้งสามารถซูมเข้า-ออกได้ตามต้องการ
- มี VDO สอนการใช้งาน ทั้งจากในโปรแกรมหรือจาก YouTube พร้อมวิธีให้ลองทำตาม
- สามารถใส่เงาของวัตถุที่ออกแบบได้อย่างอัตโนมัติ
- สามารถย้อนกลับการทำงานได้หลายขั้นตอน(Undo)
- สามารถเลือกสีและปรับแต่งชิ้นงานได้อย่างอิสระ
- โหลดใช้ได้ฟรี ไม่มีค่าใช้จ่ายแอบแฝง
- รองรับการทำงานทั้งบนระบบปฏิบัติการ Windows และ Mac OS X

2.1.2 การสร้างโมเดลสามมิติโดยสเก็ตอัพ

สเก็ตอัพเป็นโปรแกรมที่สร้างขึ้นภายใต้แนวคิดในการรวมเอาข้อดีจากการสร้างต้นแบบด้วยการใช้ดินสอเขียนลงบนกระดาษ ผสมผสานการใช้งานเข้าด้วยกันอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดความยืดหยุ่นในการทำงาน มีระบบ เพื่อใช้อ้างอิงในการสร้างโมเดล อีกทั้งยังมีอินเตอร์เฟสที่ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อนจึงง่ายสำหรับการเขียนงานโครงสร้างต่างๆ และเป็นโปรแกรมที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ตัวโปรแกรมง่ายต่อการเรียนรู้

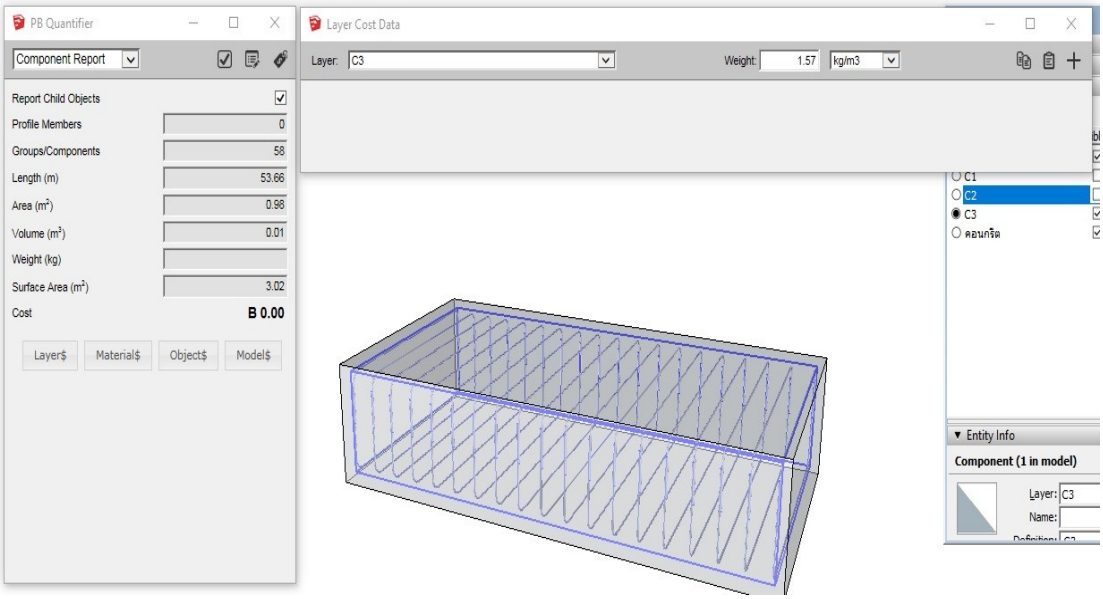
โมเดล 3D ที่สร้างขึ้นในสเก็ตอัพมีลักษณะเป็น surface model คือขึ้นรูป 3 มิติ แบบพื้นผิว ทำให้ภายในโมเดลกลวง คือ มีลักษณะคล้าย การปั้นดิน ทาให้ภายในโมเดลตัน อีกทั้งลักษณะเส้นโค้งในสเก็ตอัพเกิดจากการประกอบด้วย ส่วนของเส้นตรงเล็ก ๆ เข้าด้วยกัน พื้นผิวที่โค้งมนก็เป็นการประกอบส่วนของพื้นผิวแบนเล็ก ๆ เข้าด้วยกัน โมเดลที่สร้างขึ้นจึงไม่เนียนเท่าการสร้างโมเดลจากเส้นโค้งที่เป็นเส้นโค้งจริง ๆ แต่ผลดี ก็คือทำให้ใช้ทรัพยากรของเครื่องน้อย ขนาดไฟล์ไม่ใหญ่ และประมวลผลเร็ว



รูปที่ 2.1 การสร้างโมเดลสามมิติโดยสเก็ตอัพ

2.1.3 เครื่องมือเสริม Profile Builder2.1

Profile Builder2.1 เป็นคำสั่งเสริมของ Extension โดยมีหลักการทำงานที่ไม่ยุ่งยากและซับซ้อนมากนัก คำสั่งนี้สามารถสร้างขนาดเหล็กเส้นกลม เหล็กรูปพรรณและชิ้นส่วนของรูปร่างคอนกรีตและงานอื่นๆได้หลากหลายประเภท โดยการบักทึกไว้เป็นข้อมูลพื้นฐาน(Database) หลังจากนั้นนำข้อมูลพื้นฐาน ที่ทำเก็บไว้มาประกอบ เป็นโมเดลสามมิติของสิ่งปลูกสร้าง ให้เสมือนจริงและรวดเร็ว มีประสิทธิภาพร่วมในการถอดปริมาณวัสดุและคิดราคาได้แบบทันทีโดยการถอดปริมาณงานของเครื่องมือเสริมมีความถูกต้องตามที่ได้สร้างโมเดล ดังรูปที่ 2.2 การถอดปริมาณงานก่อสร้างโดยคำสั่งเสริม Profile Builder2.1



รูปที่ 2.2 การถอดปริมาณงานก่อสร้างโดยคำสั่งเสริม Profile Builder2.1

2.2 หลักเกณฑ์การวัดปริมาณงานก่อสร้าง

โดยหลักเกณฑ์ดังกล่าวได้ยึดหลักการการคำนวณปริมาณงานก่อสร้างอาคารตามแนวการวัดปริมาณงานก่อสร้าง [1]

2.2.1 งานคอนกรีตโครงสร้าง มีหลักเกณฑ์การคำนวณปริมาณงานดังต่อไปนี้

- งานคอนกรีตฐานราก การคำนวณปริมาณตอนกรีตฐานรากให้คำนวณคอนกรีตตามขนาดของฐานรากแต่ละขนาดคือ ความกว้าง x ความยาว x ความหนาของฐานรากจะได้ผลลัพธ์เป็นลูกบาศก์เมตรเมื่อรวมปริมาณคอนกรีตฐานรากทุกขนาดแล้วก็จะได้ปริมาณคอนกรีตฐานรากรวมทั้งหมดเป็นจำนวนลูกบาศก์เมตรดังรูปที่ 2.3 งานคอนกรีตฐานราก

รูปที่ 2.3 งานคอนกรีตฐานราก

- คอนกรีตเสา การคำนวณปริมาณคอนกรีตเสาให้คำนวณพื้นที่หน้าตัดตามขนาดเสาของแต่ละขนาดแล้วนำพื้นที่หน้าตัดของเสามาคูณด้วยความสูงของเสาจะได้ผลลัพธ์มีหน่วยเป็นลูกบากศ์เมตรและเมื่อรวมปริมาณคอนกรีตเสาทุกขนาดแล้วก็จะได้ปริมาณคอนกรีตเสาทั้งหมดมีหน่วยเป็นลูกบากศ์เมตรดังรูปที่ 2.4 งานคอนกรีตเสา

รูปที่ 2.4 งานคอนกรีตเสา

2.2.2 งานไม้แบบ

งานไม้แบบอาจแบ่งกลุ่มของงานในแนวทางเดียวกับงานคอนกรีต คืองานคอนกรีตหล่อในที่ คอนกรีตหล่อสำเร็จและคอนกรีตอัดแรง โดยจัดเป็นรายการตามรายละเอียดของ ผิวคอนกรีต รูปแบบงาน การใช้งานครั้งเดียว

- คาน

พื้นไม้แบบ = (ความกว้างคาน + 2 x ความลึกคาน) x ระยะระหว่างริมคานหลัก (1)

- เสาพื้น

ไม้แบบเสา = เส้นรอบรูปของเสา x ความสูงจากพื้นชั้นหนึ่งถึงท้องพื้นชั้นถัดไป (2)

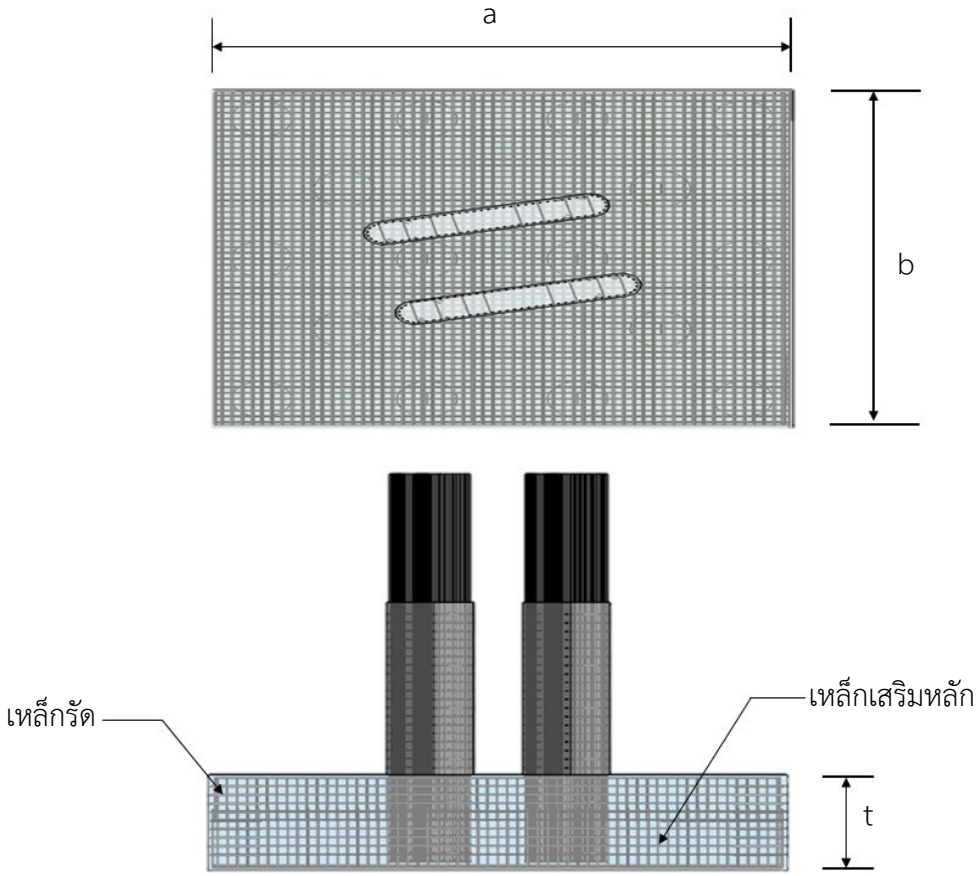
- ไม้แบบพื้น

สำหรับงานไม้แบบพื้น ให้วัดพื้นที่สุทธิตามแบบ โดยไม่หักพื้นที่ส่วนที่เสาหรือคาน ตัดผ่านและช่องเปิดมีขนาดเล็กกว่า 1.00 ตารางเมตร

2.2.3 เหล็กเสริมคอนกรีตมีหลักเกณฑ์การคิดคำนวณปริมาณงานดังนี้

งานเหล็กเสริมคอนกรีตการคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีต ให้คำนวนตามที่กำหนดในแบบแปลนตามชิ้นและความยาวของเหล็กเสริมโดยคิดตามความกว้างหรือความยาวของโครงสร้างนั้นๆ ในแนวเส้นตรง โดยไม่ต้องหักผิวคอนกรีตที่หุ้ม และไม่ต้องเผื่อความยาวในการทาบต่องอปลาย

- งานเหล็กเสริมฐานราก ให้คำนวณเหล็กเสริมหลัก 1 เส้นคือ ความกว้างคูณด้วย 2 เท่าของความหนาของฐานรากและความยาวคูณด้วยความหนาของฐานรากความยาวรวมต้องคูณด้วยจำนวนเส้นตามแบบและความยาวเหล็กรัดรอบคือ ความยาวบวกด้วยความกว้างแล้วคูณด้วยสองดังรูปที่ 2.5 ระยะในการคิดเหล็กฐานราก



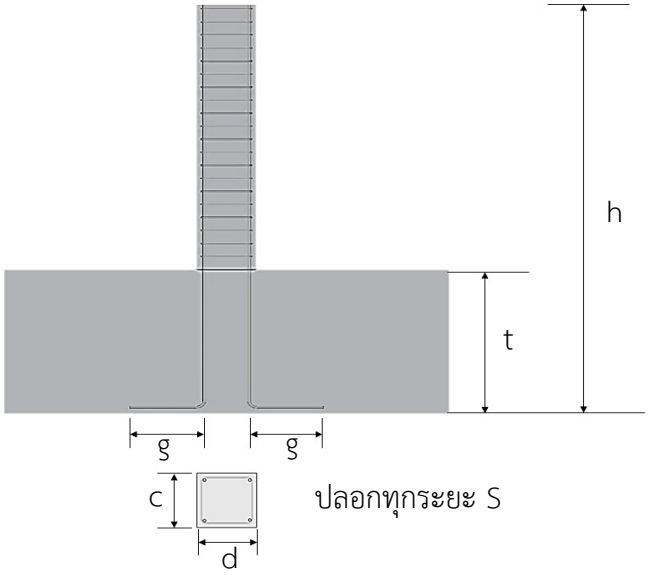
รูปที่ 2.5 ระยะในการคิดเหล็กฐานราก

จากรูปที่ 2.5

เหล็กเสริมหลัก 1เส้น = (b+2t) และ (a+2t) (3)

ความยาวเหล็กรัดรอบ = (a+b) x2 (4)

- เสาตอม่อ คิดเหล็กเสริมที่เป็นเหล็กยืนแต่ละขนาด ตามความสูงของเสา จำนวนตามแบบแปลนรวม ส่วนเหล็กปลอกให้คิดความยาวตามเส้นรอบรูปของเสา และจำนวนของเหล็กปลอกตามแบบแปลน



รูปที่ 2.6 ระยะในกาคิดเหล็กเสาตอม่อ

เหล็กเสริมเหล็ก 1เส้น = ระยะงอฉาก+ความสูงจากท้องฐานรากถึงพื้นชั้น 1 (5)

= (g+h) ม.

ความยาวเหล็กปลอก = เส้นรอบรูปหน้าตัดเสา x จำนวนปลอก (6)

= 2 x (c+d) x (h/s) ม.

การคำนวณปริมาณของเหล็กเสริมได้มีหลักเกณฑ์ที่ได้อธิบายมาในข้างต้น ทั้งนี้เมื่อคำนวณได้ปริมาณเหล็กเสริมทุกขนาดของงานโครงสร้างทั้งหมดซึ่งมีความยาวเป็นเมตรแล้วให้เผื่อการทาบต่องอปลาย ดัดคอม้า และการเสียเศษ ตามเปอร์เซ็นต์การเผื่อเหล็กแต่ละขนาด จากนั้นให้คำนวณหาน้ำหนักของเหล็กเสริมเป็นกิโลกรัมหรือเมตริก

2.3 เกณฑ์การเผื่อและการคำนวณปริมาณวัสดุมวลรวมต่อหน่วย

ในหลักเกณฑ์การคำนวณการถอดปริมาณงาน ในส่วนของมาตรฐานการวัสดุและในส่วนของหลักเกณฑ์การคำนวณปริมาณงาน ในบางรายการงานก่อสร้างจำเป็นต้องคิดคำนวณเผื่อปริมาณงานและวัสดุ นอกจากนี้ยังมีความจำเป็นต้องคำนวณในลักษณะของปริมาณวัสดุมวลรวมต่อหน่วยด้วย [4]

2.3.1 เกณฑ์การเผื่อของเหล็กเสริมการเผื่อของเหล็กเสริม

เนื่องจากการใช้เหล็กเสริมแต่ละขนาดทั้งเหล็กเสริมกลมผิงเรียบและเหล็กเสริมกลมผิวข้ออ้อย ต้องมีการทาบต่อ ตัดคอม้า และเสียเศษใช้งานไม่ได้ จากกำหนดให้คิดคานวณเผื่อปริมาณตามเกณฑ์ ดังตารางที่ 2.1 แสดงขนาดเหล็กเสริมเกณฑ์การเผื่อของเหล็กเสริม

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดเหล็กเสริมเกณฑ์การเผื่อของเหล็กเสริม

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลิเมตร)	จำนวนเปอร์เซ็นต์เผื่อ
RB9	5%
RB10	7%
RB,DB12	7%
RB15	9%
DB16	11%
RB19	13%
DB20	13%
RB,DB25	15%
DB28	15%

2.3.2 เกณฑ์การเผื่อในปริมาณวัสดุมวลรวมต่อหน่วย

- คอนกรีต ค.2 (STRENGTH 240 กก./ตร.ซม.)

ปูนซีเมนต์ 314	เผื่อ 7%	ร่วมเป็น 336 กก.
ทรายหยาบ 0.53	เผื่อ 13%	ร่วมเป็น 0.60 ลบ.ม.
หินเบอร์ 1-2 0.97	เผื่อ 12%	ร่วมเป็น 1.09 ลบ.ม.
น้ำผสมคอนกรีต 180	เผื่อ -/%	ร่วมเป็น 180 ลิตร

- คอนกรีต ค.3 (STRENGTH 300 กก./ตร.ซม.)

ปูนซีเมนต์ 343	เผื่อ 7%	ร่วมเป็น 367 กก.
ทรายหยาบ 0.58	เผื่อ 13%	ร่วมเป็น 0.66 ลบ.ม.
หินเบอร์ 1-2 0.82	เผื่อ 12%	ร่วมเป็น 1.92 ลบ.ม.
น้าผสมคอนกรีต 180	เผื่อ -/%	ร่วมเป็น 180 ลิตร

- คอนกรีต ค.4 (STRENGTH 350 กก./ตร.ซม.)

ปูนซีเมนต์ 392	เผื่อ 7%	ร่วมเป็น 419 กก.
ทรายหยาบ 0.44	เผื่อ 13%	ร่วมเป็น 0.50 ลบ.ม.
หินเบอร์ 1-2 0.87	เผื่อ 12%	ร่วมเป็น 1.97 ลบ.ม.
น้ำผสมคอนกรีต 180	เผื่อ -/%	ร่วมเป็น 180 ลิตร
น้ำผสมคอนกรีต 180	เผื่อ -/%	ร่วมเป็น 180 ลิตร

2.3.3 มาตรฐานขนาดและน้ำหนักเหล็กเสริมคอนกรีต

ตามมาตรฐาน มอก. 24-2548 จะกำหนดให้เหล็กเส้นกลมที่มีชั้นคุณภาพ SR24 ซึ่งหมายถึงเหล็กต้องมีกำลังจุดคลากไม่ต่ำกว่า 2,400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรและขนาดของเหล็กมีตั้งแต่ 6 มม. ถึง 25 มม. เนื่องจากผิวของเหล็กมีลักษณะที่เป็นปล้องๆคล้ายๆข้ออ้อย จึงเรียกว่าเหล็กข้ออ้อย ตามมาตรฐาน มอก. 24-2536 กำหนดให้เหล็กข้ออ้อยมีชั้นคุณภาพหลายชั้น เช่น SD30, SD40, SD50 และ SD60 ซึ่ง SD30 จะหมายถึงเหล็กที่ต้องมีกำลังจุดคลากไม่ต่ำกว่า 3,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ SD40 หมายถึงเหล็กที่ต้องมีกำลังจุดคลากไม่ต่ำกว่า 4,000 กิโลกรัมต่อเซนติเมตรขนาดของเหล็ก มีตั้งแต่ 10 มม. ถึง 40 มม. และขนาดของเหล็กน้ำหนักของเหล็กเสริมคอนกรีตซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปประกอบใช้ในการถอดแบบ เพื่อที่จะคำนวณปริมาณงานในส่วนของเหล็กเสริมของงานโครงสร้างวิศวกรรมและงานสถาปัตยกรรมและในส่วนอื่นๆ เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณของงานก่อสร้างดังตารางที่2.2 ขนาดเหล็กเส้นและน้ำหนักเหล็กเสริมของเหล็กผิวเรียบแล้วเหล็กข้ออ้อย

ตารางที่ 2.2 ขนาดเหล็กเส้นและน้ำหนักเหล็กเสริมของเหล็กผิวเรียบแล้วเหล็กข้ออ้อย

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลิเมตร)	น้ำหนักเหล็กเสริม (กิโลกรัมต่อเมตร)
RB6	0.22
RB9	0.5
RB10	0.62
RB,DB12	0.89
RB16	1.57
RB19	2.23
DB20	2.47
RB,DB25	3.85
DB28	4.83
DB32	6.31

2.4 การวิเคราะห์หาค่าความคลาดเคลื่อน

ความถูกต้องและความเชื่อถือของการทดลอง[4]พิจารณาได้จากเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนทั้งนี้ต้องมีปริมาณที่เป็นจริงและถูกต้องไว้เปรียบเทียบด้วยถ้ากำหนดให้ Y เป็นค่าปริมาณมาตรฐาน และ $\hat{Y}$ เป็นค่าปริมาณเดียวกันแต่ได้จากการทดลอง เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนหาได้ตามสมการดังนี้

2.4.1 ค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Absolute Percent error, APE) ดังสมการที่ 9

$$APE = \left|\frac{Y-\hat{Y}}{Y}\right| x100 \quad (9)$$

2.4.2 ค่ากลางของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error , MAPE) ดังสมการที่ 10

$$MAPE = \left(\frac{1}{n}\sum\left|\frac{Y-\hat{Y}}{Y}\right|\right)x100 \quad (10)$$

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 สมชาติ (2541) ได้ศึกษาแนวทางการประมาณราคางานก่อสร้างอาคาร [5] โดยประมาณปริมาณเนื้องานก่อสร้างโดยทาการศึกษาอาคารบริเวณกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑลโดยแบ่งออกเป็น 6 ประเภทคือ อาคารพักอาศัยอาคารที่จอดรถ อาคารบ้านพักอาศัย อาคารสานักงานทั่วไป อาคารสูงสาหรับสานักงาน อาคารสูงสาหรับพักอาศัย โดยวิธีการที่ใช้ในการสร้างแบบจาลองที่ใช้ในการหาปริมาณเนื้องานมี 3 วิธีคือ วิธีการประมาณค่าเฉลี่ยโดยใช้ค่าเฉลี่ยปริมาณเนื้องานต่อพื้นที่อาคาร วิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อนโดยใช้ความสัมพันธ์ของปริมาณเนื้องานกับตัวแปรอิสระ4ตัวแปรคือพื้นที่อาคาร จานวนชั้น จานวนชั้นใต้ดินและลักษณะโครงสร้างพื้นได้แก่ พื้นคอนกรีตอัดรงและพื้นสำเร็จรูป และวิธีความสัมพันธ์ของส่วนประกอบ โดยใช้ค่าสัดส่วนของปริมาณเนื้องานของรายการงานต่างๆ จากการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของแบบจาลองที่ใช้ในการปริมาณเนื้องานและราคางานก่อสร้าง พบว่าแบบจาลองโดยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำากว่าแบบจาลองโดยวิธีอื่น

2.5.2 ชัชธะชัย (2553) ได้เสนอการประมาณราคาค่าก่อสร้างที่พักอาศัยประเภทคอนโดมิเนียม [6] ที่มีความสูงอาคารระหว่าง 40 ถึง 120 เมตร หรือมีช่วงความสูงอาคารระหว่าง 15-40 ชั้นโดยใช้ทฤษฎีเครือข่ายประสาทเทียม โดยใช้ข้อมูลงานก่อสร้างจริง จากบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้าง ที่ชนะการประมูลในแต่ละโครงการมาเป็นข้อมูลต้นแบบสาหรับสร้างแบบจำลอง จากการสร้างแบบจำลอง และทดสอบแบบจำลอง พบว่าแบบจำลองที่ใช้ทำนายราคาค่าก่อสร้างได้ดีประกอบด้วยตัวแปรอิสระ 7 ตัวแปร ได้แก่ ความสูงของอาคารทั้งหมด ความสูงของชั้นที่พักอาศัย จานวนชั้นที่อยู่เหนือพื้นดิน จานวนชั้นใต้ดิน จานวนชั้นจอดรถ พื้นที่ใช้งานรวมของอาคาร และความสูงเฉลี่ยของชั้นจอดรถ และจากผลการทดสอบแบบจาลองพบว่ามีความผิดพลาดอยู่ในช่วง -5.50% ถึง +6.66%

2.6 สรุปท้ายบท

ในบทนี้ผู้ศึกษาได้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการถอดปริมาณงานเหล็กเสริมและปริมาณงานคอนกรีตที่ประกอบไปด้วยความรู้เกี่ยวกับการเขียนโมเดลมิติโดยใช้โปรแกรมสเก็ตอัพความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสะพาน หลักเกณฑ์การวัดปริมาณงานก่อสร้าง เกณฑ์การเผื่อและและหาความคลาดเคลื่อน และในหลักทฤษฎีทั้งหมดจะนำความรู้ที่ได้มาเป็นแนวทางในบทต่างๆต่อไป