

เอกสารการสอน รายวิชา 31-407-050-102

การเขียนแบบวิศวกรรม

Engineering Drawing



ผศ.ดร.วุฒิไกร ไชยปัญหา
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตขอนแก่น

คำนำ

เอกสารการสอน รายวิชา 31-407-050-102 เอกสารแบบวิศวกรรม (Engineering Drawing) เป็นรายวิชาเอกสารคับสำหรับนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตขอนแก่น เริ่มใช้ในการเรียนการสอนตั้งแต่ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2563 เป็นต้นมา โดยการจัดทำเอกสารประกอบการสอนเล่มนี้มีเนื้อหา 11 บท ประกอบด้วย พื้นฐานงานเขียนแบบวิศวกรรม มาตรฐานในงานเขียนแบบวิศวกรรมการกำหนดขนาด มาตราส่วน และค่าพิกัดความเพื่อ การเขียนภาพเรขาคณิตประยุกต์ การฉายภาพและการเขียนภาพ Orthographic การเขียนภาพ Pictorial การเขียนภาพตัด การเขียนร่างด้วยมือหรือการเขียนภาพ CAD การเขียนภาพซ้าย การเขียนภาพประกอบและภาพแยกชิ้น การเขียนแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (CAD)

เอกสารประกอบการเรียนฉบับนี้ได้ทำการเรียบเรียง ขึ้นอยู่กับเนื้อหาจากแหล่งข้อมูล เว็บไซต์ เอกสาร และตำราทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งมีเนื้อหาครบถ้วนและสอดคล้องกับตามแผนการสอนประจำรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา (Course Description) โดยเนื้อหาบางส่วนมีการอธิบายเพิ่มเติมโดยผู้เขียน เพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า นักศึกษาที่ได้ใช้เอกสารการสอนเล่มนี้จะได้รับความรู้จากเนื้อหาที่ผู้เขียนได้ทำการรวบรวมและคัดกรองจากแหล่งความรู้ต่างๆ นำมาถ่ายทอดลงเอกสารประกอบการสอนเพื่อให้นักศึกษาสามารถเข้าใจหลักการในงานเขียนแบบวิศวกรรมได้โดยง่าย และสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาในรายวิชาอื่นที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อ.ดร.วุฒิไกร ไชยบัญชา

เมษายน 2563

สารบัญ

หน้า

คำนำ

สารบัญ

บทที่ 1 พื้นฐานงานเขียนแบบวิศวกรรม	1
1.1 บทนำ	1
1.2 องค์ประกอบของการเขียนแบบวิศวกรรม	4
1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการงานเขียนแบบ	4
1.4 การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์เขียนแบบ	12
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1	16
บทที่ 2 มาตรฐานในงานเขียนแบบวิศวกรรม	19
2.1 มาตรฐานกระดาษเขียนแบบ	20
2.2 มาตรฐานเส้น	22
2.3 มาตรฐานตัวเลขและตัวอักษร	23
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2	27
บทที่ 3 การกำหนดขนาด มาตราส่วน และค่าพิกัดความผิด	33
3.1 การกำหนดขนาดของมิติ	33
3.2 มาตราส่วน	48
3.3 ค่าพิกัดความผิด (Tolerance) เป้าองตั้น	50
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3	54
บทที่ 4 การเขียนภาพเรขาคณิตประยุกต์	63
4.1 เส้น (Line) และมุม (Angle)	63
4.2 วงกลม (Circle) และเส้นโค้ง (Arc)	66
4.3 รูปหลายเหลี่ยม (Polygon)	69
4.4 เส้นสัมผัสวงกลม (Tangents)	74
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4	77

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 การฉายภาพและการเขียนภาพ Orthographic	89
5.1 หลักการฉายภาพ (Principle of projection)	89
5.2 วิธีการฉายภาพ (Methods of projection)	90
5.3 ระนาบของการฉายภาพ (Planes of projection)	94
5.4 จตุภาค (Four quadrants)	94
5.5 การฉายภาพมุมที่ 1 และมุมที่ 3 (First and Third angle projection)	95
5.6 วิธีการเขียนภาพหลายด้าน (Methods of projecting multi-views)	107
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5	109
บทที่ 6 การเขียนภาพ Pictorial	121
6.1 ภาพฉายแบบ Isometric (isometric projection)	121
6.2 วิธีการเขียนภาพ Isometric (Isometric Drawing)	125
6.3 ภาพฉายแบบ Oblique	129
6.4 วิธีการเขียนภาพ Oblique	136
6.5 ภาพฉายแบบ Perspective	139
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 6	143
บทที่ 7 การเขียนภาพตัด	149
7.1 แนวคิดในการสร้างภาพตัด	149
7.2 คำนิยาม	150
7.3 ประเภทของรูปตัด (Types of Section Views)	154
7.4 การบอกรูปขนาดในภาพตัด	162
7.5 กฎเกณฑ์การเขียนภาพตัด	163
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 7	166
บทที่ 8 การเขียนร่างด้วยมือหรือการสเก็ตซ์ภาพ	171
8.1 วิธีลากเส้นสเก็ตซ์	171
8.2 รูปแบบของภาพร่าง (ภาพสเก็ตซ์)	173

8.3 การสเก็ตช์เส้นตรง	175
8.4 การสเก็ตช์สี่เหลี่ยม	176
8.5 การสเก็ตช์วงกลมขนาดเล็ก	176
8.6 การสเก็ตช์วงกลมขนาดใหญ่	177
8.7 การสเก็ตส่วนโค้ง	178
8.8 การสเก็ตช์วงรี	180
8.9 การสเก็ตชูปัต្យ 2 มิติ	181
8.10 การสเก็ตชูปัต្យ 3 มิติ	181
8.11 สัดส่วนของภาพสเก็ตช์	182
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 8	183
 บทที่ 9 การเขียนภาพช่วย	187
9.1 ระนาบช่วย (Auxiliary Plane)	187
9.2 ระนาบอ้างอิง (Reference Planes)	188
9.3 Classification of Auxiliary Views	189
9.4 ขั้นตอนการเขียนภาพช่วย	191
9.5 ภาพตัดช่วย (Auxiliary Sections)	195
9.6 Uses of Auxiliary Views	197
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 9	201
 บทที่ 10 การเขียนภาพประกอบและภาพแยกชิ้น	207
10.1 การเขียนภาพประกอบ	207
10.2 การเขียนภาพแยกชิ้น	217
 บทที่ 11 การเขียนแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (CAD)	221
11.1 ความเป็นมาของ CAD	221
11.2 โปรแกรม AutoCAD	222
11.3 หน้าจอและส่วนประกอบของโปรแกรม (User Interface and Component)	223
11.4 คำสั่งพื้นฐาน (Basics)	228
11.5 มุมมอง (Viewing)	231
11.6 คำสั่งวัสดุ/เรขาคณิต (Geometry)	232

11.7 การปรับระดับ (Precision)	236
11.8 ชั้นชั้นๆ (Layers)	239
11.9 คุณสมบัติ (Properties)	242
11.10 คำสั่งตัดเปลี่ยน (Modifying)	246
11.11 บล็อก (Blocks)	251
11.12 เลเยอร์ (Layouts)	254
11.13 บันทึกย่อและคำ อธิบาย (Notes and Labels)	257
11.14 การบอกขนาด (Dimensions)	261
11.15 การพิมพ์ (Printing)	263
 บรรณานุกรม	267

บทที่ 1

พื้นฐานงานเขียนแบบวิศวกรรม

1.1 บทนำ

การเขียนแบบเป็นการใช้ภาพกราฟิกในการแทนวัตถุหรือบางส่วนของวัตถุ เพื่อสื่อสาร แนวความคิดในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของวิศวกรหรือช่างเทคนิค สำหรับการเขียนแบบวิศวกรรม (Engineering Drawing) เป็นการแสดงภาพของวัตถุจริงซึ่งมีลักษณะเป็นสามมิติ โดยทั่วไปแล้วให้ข้อมูลที่จำเป็นเกี่ยวกับรูปร่าง ขนาด คุณภาพผิววัสดุ กระบวนการผลิต ฯลฯ ที่ผู้ได้รับการฝึกฝนสามารถมองเห็นภาพและเข้าใจแบบที่เตรียมในประเทศอื่น โดยไม่คำนึงถึงความแตกต่างของภาษาพูด ดังนั้น การเขียนแบบวิศวกรรมจึงเรียกได้ว่าเป็นภาษาสากลของวิศวกร ซึ่งใช้สื่อสารควรปฏิบัติตามกฎหรือมาตรฐานเพื่อให้สื่อความหมายเหมือนกัน

การเขียนแบบวิศวกรรมเป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อวิชาชีพวิศวกรอย่างมาก ความรู้ด้านการเขียนแบบเบรียบเสมีคุณมีในการทำงาน เป็นสื่อกลางในการสื่อสารระหว่างผู้ออกแบบ และผู้ผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานที่มีความถูกต้องเที่ยงตรงและเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

ความสามารถในการอ่านแบบเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของวิศวกรทุกคน เมื่อเทียบกับคำอธิบายด้วยวาจาหรือเป็นลายลักษณ์อักษร แบบที่มีมิติและกำหนดขนาดอย่างเหมาะสมเป็นเครื่องที่ง่ายและชัดเจนยิ่งขึ้นในการอธิบายข้อกำหนดทางวิศวกรรม สามารถทำให้เข้าใจได้ง่ายสำหรับบุคลากรด้านเทคนิค วิศวกรรม

บทบาทของวิชาเขียนแบบวิศวกรรมเพื่อให้มีความเขียวชาญในทักษะต่อไปนี้

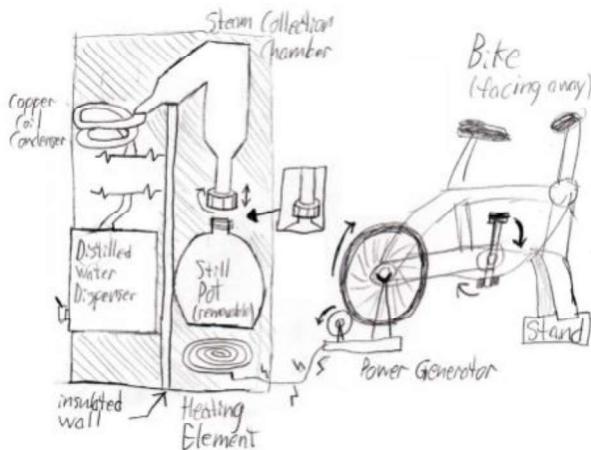
- ความสามารถในการอ่านและเตรียมแบบวิศวกรรม
- ความสามารถในการสร้างภาพร่างของวัตถุด้วยมือ
- ความสามารถในการมองภาพ(จิตนาการ) การวิเคราะห์ และสื่อสาร
- ความสามารถในการเข้าใจรายวิชาและงานอื่นๆ ในด้านวิศวกรรม

การเขียนแบบวิศวกรรมสามารถประยุกต์ใช้เป็นส่วนสำคัญของโครงการวิศวกรรมเกือบทั้งหมด การใช้งานที่สำคัญบางอย่างของวิศวกรรม เช่น การเขียนแบบที่เพื่อนำทาง แบบสำหรับการผลิต

เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า แบบการก่อสร้างอาคาร ถนน สะพาน เชื่อม และโครงสร้างต่างๆ เป็นต้น

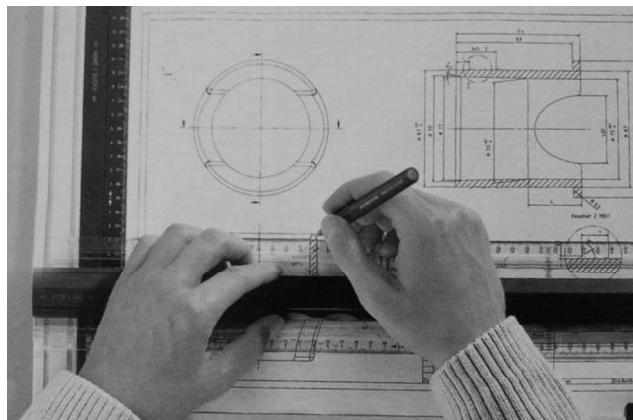
การเขียนแบบวิศวกรรมสามารถทำได้ 3 รูปแบบ ได้แก่

- การสเก็ตช์ (Free Hand Sketch) เป็นการที่ผู้เขียนหรือผู้ออกแบบต้องลากเส้นด้วยมือเปล่า โดยไม่ใช้อุปกรณ์ใดๆ ช่วยในการเขียนรูป ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วเมื่อต้องการออกแบบสิ่งใด ก็ควรร่างแบบที่คิดได้ออกมาด้วยความรวดเร็วในขณะนั้น อาจไม่มีอุปกรณ์หรือเครื่องมือเขียนแบบอยู่ใกล้ตัว การสเก็ตช์จึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด ดังนั้น ทักษะการสเก็ตช์จึงควรฝึกฝนให้เกิดความชำนาญ ดังรูปที่ 1.1



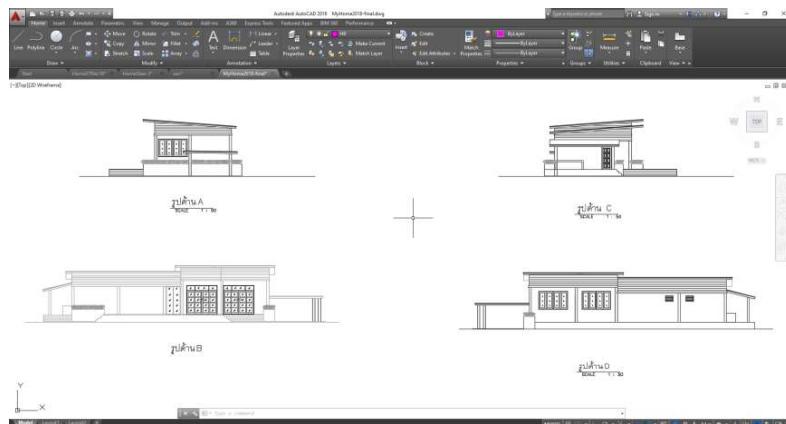
รูปที่ 1.1 การสเก็ตช์หรือการเขียนแบบด้วยมือเปล่า (<http://eon.sdsu.edu/>, [online])

- การเขียนแบบโดยใช้เครื่องมือเขียนแบบ (Instrument Drawing) เป็นการลงมือเขียนแบบตามหลักมาตรฐานสากลและใช้เครื่องมือช่วยในการเขียนแบบ ซึ่งแบบที่ได้จะมีขนาดและรูปร่างที่ถูกต้องตามความเป็นจริง ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 การเขียนแบบโดยใช้เครื่องมือเขียนแบบ
(<https://th.aliexpress.com/item/32801882223.html>, [online])

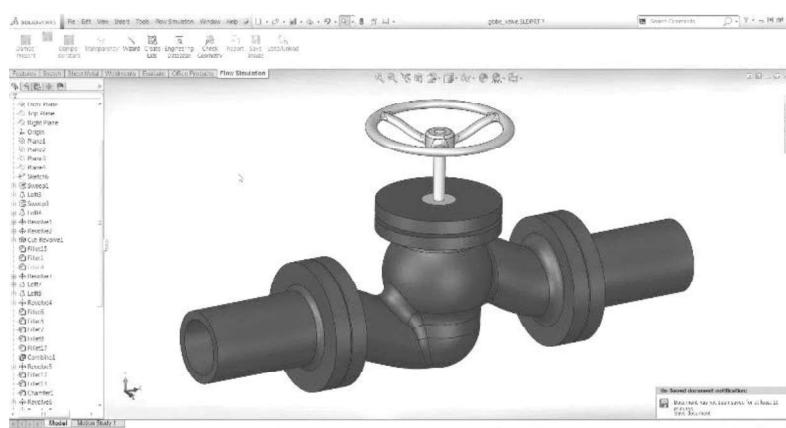
- การเขียนแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Drawing) เป็นการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการเขียนแบบ ซึ่งทำให้สามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงแบบได้สะดวกรวดเร็ว และเป็นรูปแบบที่ใช้ค่าย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยมีทั้งที่สามารถสร้างรูปเรขาคณิตทั่วไปในรูปแบบ 2 และ 3 มิติ เช่น AutoCAD, SolidWork และ Sketchup เป็นต้น ดังรูปที่ 1.3



(ก) โปรแกรม AutoCAD



(ข) โปรแกรม SketchUp

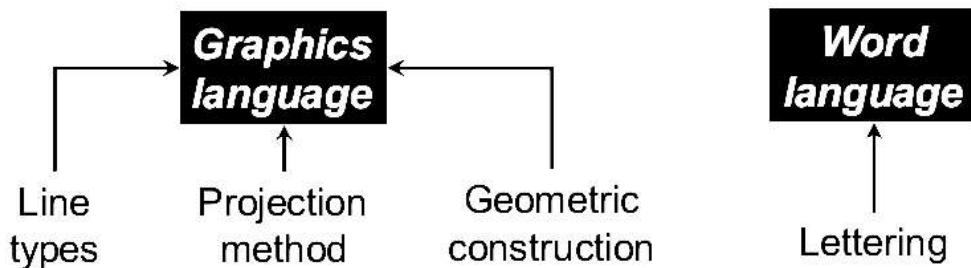


(ค) โปรแกรม SolidWorks

รูปที่ 1.3 การเขียนแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.2 องค์ประกอบของการเขียนแบบวิศวกรรม

องค์ประกอบหลักของแบบทางวิศวกรรมประกอบด้วยภาษาภาพ (Graphics language) และภาษาข้อความ (Word language) ซึ่งช่วยให้ผู้อ่านแบบสามารถเข้าใจถึงรูปร่างลักษณะของชิ้นงานที่ออกแบบและช่วยอธิบายขนาดตำแหน่งของภาพ ดังแสดงในรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 องค์ประกอบหลักของแบบทางวิศวกรรม (จิรพงศ์ กสิวิทย์คำนวย, 2550)

ดังนั้น วิศวกรจำเป็นต้องทำความเข้าใจองค์ประกอบแต่ละส่วนของการเขียนแบบที่ถูกต้องดังแต่ภาษาภาพ ได้แก่ ชนิดของเส้น (Line types) วิธีการฉายภาพ (Projection method) และการสร้างรูปเรขาคณิต (Geometric construction) และการสร้างภาษาข้อความที่เหมาะสมจากการศึกษาหลักการเขียนตัวอักษร (Lettering) และตัวเลข (Number) ที่ถูกต้องตามหลักสากล

1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการงานเขียนแบบ

การเขียนแบบที่ถูกต้องสมบูรณ์นั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้เขียนแบบแล้ว เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเขียนแบบนับว่ามีส่วนสำคัญอย่างมาก เนื่องจากมีส่วนช่วยให้การเขียนแบบมีคุณภาพ มีรายละเอียดครบถ้วน และเป็นไปตามมาตรฐาน สามารถใช้เป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดแนวคิดไปยังผู้ผลิตชิ้นงานได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างเครื่องมือและอุปกรณ์สำคัญสำหรับใช้ในการเขียนแบบ ดังต่อไปนี้

1.3.1 โต๊ะเขียนแบบ (Drawing Board/Drawing Table)

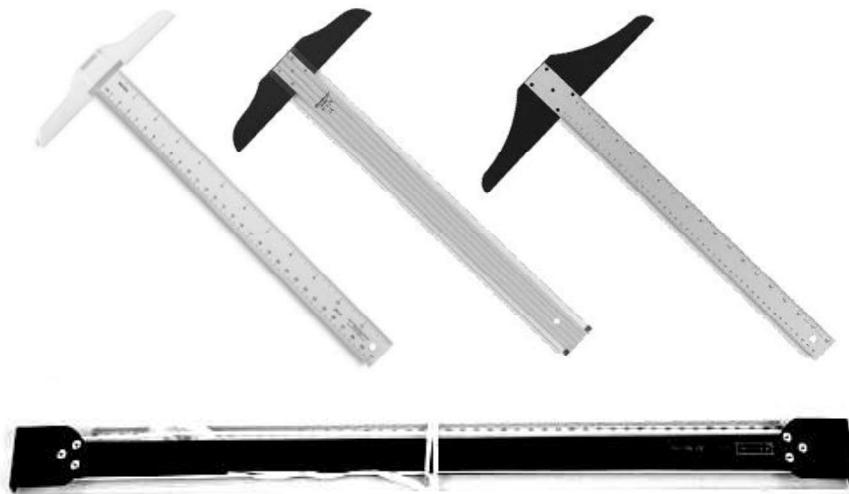
โต๊ะเขียนแบบใช้ในการวางแผนและยึดติดกระดาษเขียนแบบ โดยใช้ร่วมกับไม้ที่ (หรือที่สไลด์) และฉากสามเหลี่ยม โต๊ะเขียนแบบมีรูปร่างเป็นแผ่นกระดาษสี่เหลี่ยมทับตัวยกดูผิวเรียบ สามารถปรับมุมของโต๊ะได้ โดยทั่วไปมีหลายขนาด เช่น 40×60 ซม.², 60×100 ซม.² และ 80×120 ซม.² เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 โต๊ะเขียนแบบ (<http://www.bangkokluckysafe.com/detail.php?pro1=350>, [online])

1.3.2 ไม้ทีและทีไสลด์ (T-Square/T-Slide)

ไม้ทีและทีไสลด์ เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการเขียนแบบ ใช้สำหรับขีดเส้นในแนวอน และใช้ประกอบกับจากสามเหลี่ยม เพื่อขีดเส้นในแนวตั้ง และขีดเส้นเอียงทำมุมต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.6

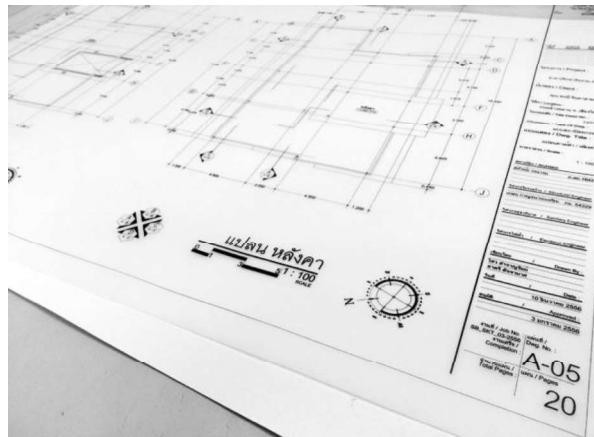


รูปที่ 1.6 ไม้ที (T-Square) และทีไสลด์ (T-Slide)

(<http://www.bkstationery.com/product-detail.php?id=157105>, [online])

1.3.3 กระดาษเขียนแบบ (Drawing Paper)

กระดาษเขียนแบบสามารถแบ่งเป็น 2 ชนิดตามลักษณะของกระดาษ คือ กระดาษธรรมด้า และกระดาษไข โดยมาตรฐานของกระดาษเขียนแบบที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ใช้ระบบ ISO (International System Organization) ซึ่งยอมรับทั้งระบบเมตริกันและยุโรป ดังแสดงในรูปที่ 1.7



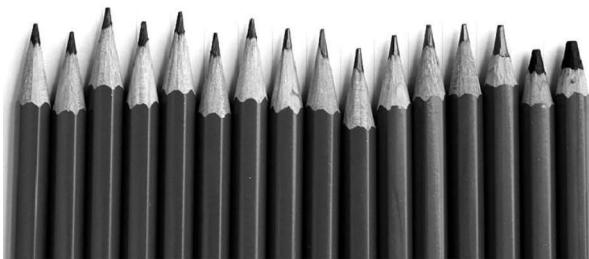
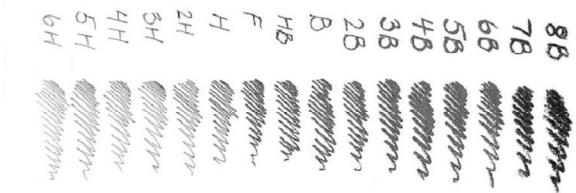
รูปที่ 1.7 กระดาษเขียนแบบ

(<http://www.printexpress.in.th/plot-autocad-กระดาษ-a1/plot-autocad-กระดาษ-a1/>, [online])

1.3.4 ดินสอเขียนแบบ (Pencil)

ดินสอแบบเป็น 2 ชนิดตามลักษณะของดินสอ ได้แก่

- ดินสอเบล็อกไม้ (Pencil Leads) ดังแสดงในรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 ดินสอได้แข็ง (<https://th.aliexpress.com/item/32308039249.html>, [online])

- ดินสอเปลี่ยนไส้ได้ (Mechanical Pencil) ตั้งรูปที่ 1.9

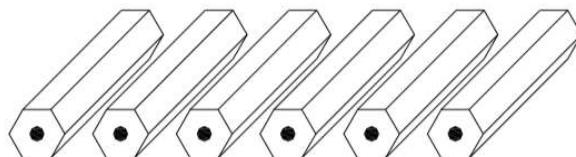


รูปที่ 1.9 ดินสอไส้แข็ง

(<https://www.graphicsdirect.co.uk/products/rotring-tikky-mechanical-pencils-by-papermate>, [online])

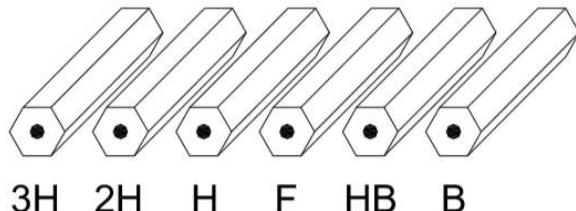
นอกจากนั้นดินสอยังสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามความค่อนข้างของไส้ดินสอ โดยใช้ชื่อให้ตัวเลขเป็นตัวกำหนดร่วมกับตัวอักษร ดังนี้

- ดินสอที่มีไส้แข็งมาก (Hard) ตั้งแต่เบอร์ 9H-4H เหมาะสำหรับขีดเส้นร่างรูป เส้นที่ใช้เขียนต้องเป็นเส้นบาง เช่น ร่างรูป (Construction line) เส้นบอกขนาด (Dimension line) เส้นข่ายบอกขนาดประภากต่างๆ (Leader line, Extension line, Center line) เส้นแรเงา (Hatching line) และเส้นที่มองไม่เห็น (Hidden line) เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.10



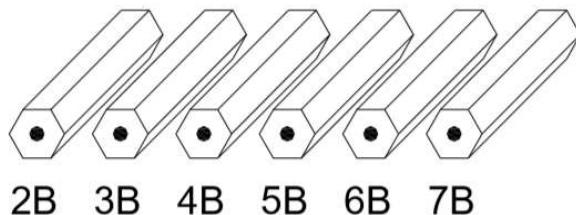
รูปที่ 1.10 ดินสอไส้แข็ง (www.tatc.ac.th, [online])

- ดินสอที่มีไส้แข็งปานกลาง (Medium) ตั้งแต่เบอร์ 3H-B ใช้สำหรับใช้สำหรับงานเขียนแบบงานสำเร็จรูป เช่น เส้นขอบวัตถุ (Visible outline, Visible edge, Boundary line) เส้นแสดงแนวตัด (Section line) และสัญลักษณ์แนวเชื่อม (Welding symbol) เป็นต้น ดังแสดงรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 ดินสอไส้เข็งปานกลาง (www.tatc.ac.th, [online])

- ดินสอแบบไส้อ่อน (Soft) ตั้งแต่เบอร์ 2B-7B เช่น เส้นขอบชิ้นงาน (Visible outline, Visible edge, Boundary line) ตัวหนังสือ (lettering) และการสเก็ตซ์ (Free sketching) เป็นต้น แต่ส่วนใหญ่ใช้ในรายศิลปะ วาดภาพ แรเงา ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเขียนแบบดังรูปที่ 1.12



รูปที่ 1.12 ดินสอไส้อ่อน (www.tatc.ac.th, [online])

1.3.5 ยางลบ (Erasers)

ยางลบที่ใช้กับงานเขียนแบบควรมีความค่อนนุ่ม สามารถที่ลบรอยดินสอที่ไม่ต้องการออกได้ง่าย และที่สำคัญเวลาลบจะต้องไม่ทำให้กระดาษเขียนแบบเป็นขุยหรือเป็นรอย ดังแสดงรูปที่ 1.13



รูปที่ 1.13 ยางลบ (<https://aumento.officemate.co.th/>, [online])

1.3.6 เทปติดกระดาษ (Tape)

เทปติดกระดาษใช้สำหรับการติดกระดาษเขียนแบบ เพื่อต้องการให้กระดาษที่จะเขียน ได้ยึดติดแน่นกับพื้นของโต๊ะเขียนแบบ โดยไม่ให้มีการขยายเขี้ยวอนในระหว่างที่ทำการเขียนแบบ ดังแสดงรูปที่ 1.14



รูปที่ 1.14 เทปติดกระดาษ (<https://www.3mdelivery.com/>, [online])

1.3.7 ปากกาเขียนแบบ (Pen)

ปากกาเขียนแบบใช้สำหรับการเขียนแบบลงในกระดาษไข ลักษณะเป็นปากกานิ่กซึม เส้นที่เขียนจะได้ความหนาของเส้นตามมาตรฐาน มีหลายขนาด เช่น 0.13, 0.18, 0.25, 0.35, 0.5, 0.7, 1.0, 1.4 และ 2.0 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1.15



รูปที่ 1.15 ปากกาเขียนแบบ

(<https://www.kirtasiyece.com/rotring-isograph-rapido-ucu-020mm>, [online])

1.3.8 วงเดือนเขียนแบบ (Compass)

เป็นคุปกรณ์สำหรับเขียนวงกลมและส่วนโค้ง ตัวอย่างวงเวียน ดังแสดงในรูปที่ 1.16

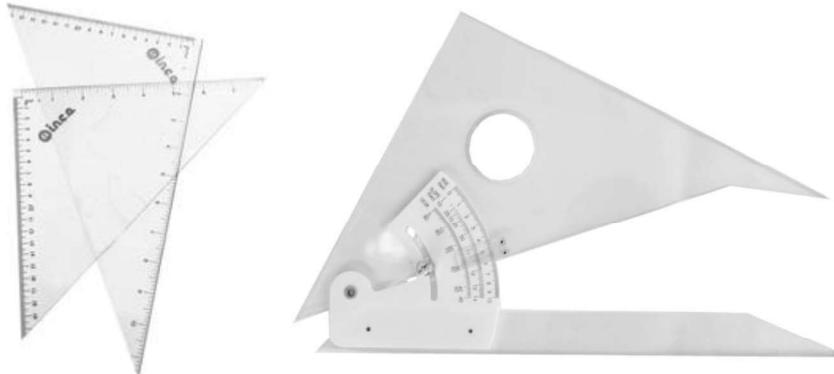


รูปที่ 1.16 วงเดือนเขียนแบบ

(<http://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/drawing-compasses-vector-60810>, [online])

1.3.9 ไม้บรรทัดสามเหลี่ยมหรือจากปรับมุม (Triangle ruler)

ไม่มีบรรทัดสามเหลี่ยมหรือจากปรับมุมโดยทั่วไปจากพลาสติกใส เพื่อจะได้มองเห็นส่วน
อื่นๆ ของแบบได้อย่างชัดเจน ปกติจะใช้คู่กับไม้ที่หรือที่สไลด์ โดยแบ่งเป็น 2 แบบ คือ
แบบต้ายตัวซึ่งมีค่ามุม 45-90-45 องศา กับค่ามุม 30-90-60 องศา และแบบปรับมุมได้
ดังแสดงในรูปที่ 1.17



(ก) แบบด้วยตัว (ข) แบบปรับมุมได้
รูปที่ 1.17 ไม้บรรทัดสามเหลี่ยม และจากปรับมุม

(<http://www.learners.in.th/blogs/posts/376467>, [online])

1.3.10 ໄມ້ປຣທັດສເກລ (Scale)

ใช้วัดขนาด มีความยาวต่างกัน ตั้งแต่ 150, 300, 400, และ 600 มิลลิเมตร มีมาตรฐานส่วนต่างๆ เพื่อใช้เขียนรูปได้หลายขนาด (ดังแสดงในรูปที่ 1.18) เช่น

- มาตราส่วนขนาดเท่าของจริง $1 : 1$
 - มาตราส่วนย่อ $1 : 2, 1 : 5, 1 : 10, 1 : 100, 1 : 1000$ เป็นต้น
 - มาตราส่วนขยาย $2 : 1, 5 : 1, 10 : 1, 100 : 1, 1000 : 1$ เป็นต้น

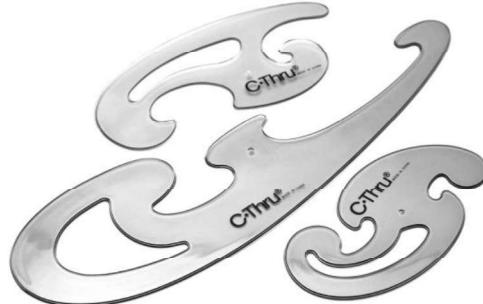


รูปที่ 1.18 ไม้บรรทัดสเกล

(http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=83600, [online])

1.3.11 ไม้บรรทัดโค้ง (French curve ruler)

เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการเขียนส่วนโค้งมีความสะดวกรวดเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 1.19



รูปที่ 1.19 ไม้บรรทัดโค้ง (https://goldstartool.com/C-Thru_KT-8_3_French_Curve_Set.html, [online])

1.3.12 ไม้บรรทัดกระดูกงู

ไม้บรรทัดกระดูกงู เป็นเส้นพลาสติกอ่อนที่มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมคงที่ สามารถดัดโค้ง成 เป็นส่วนโค้งตามที่ต้องการ เพื่อใช้เป็นแบบในการเขียนส่วนโค้ง ดังแสดงในรูปที่ 1.20

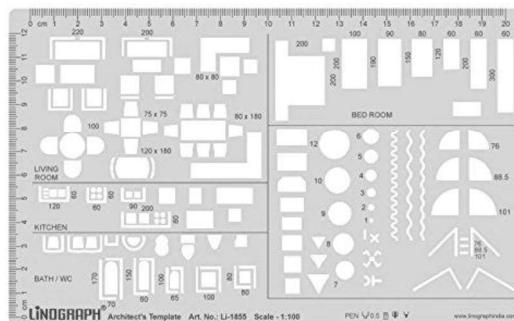


รูปที่ 1.20 ไม้บรรทัดกระดูกงู

(<https://kts.in.th/รายละเอียดสินค้า-74328-ชุดไม้บรรทัดกระดูกงูเขียนแบบ-i-n-c-a-flexible-curve-ruler-3.html>, [online])

1.3.13 เทมเพลต (Template)

เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการวาดเส้นรูปร่างต่างๆ เช่น วงกลม วงรี สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม และ รูปหลายเหลี่ยม เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.21

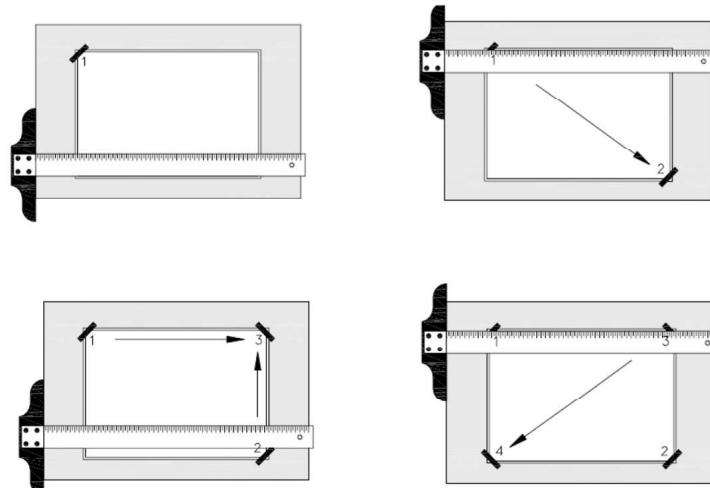


รูปที่ 1.21 เทมเพลต (<https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/151nrxtpJfTL.jpg>, [online])

1.4 การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์เขียนแบบ

1.4.1 การติดกระดาษเขียนแบบ

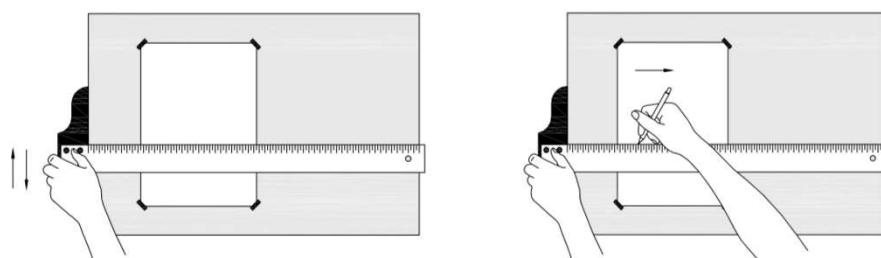
การติดกระดาษเขียนแบบควรติดด้วยเทปปากกาสำหรับติดกระดาษเพื่อความสะดวกในการแก้กระดาษเขียนแบบ และป้องกันมุมของกระดาษไม่ให้เกิดความเสียหาย การติดกระดาษควรจัดกระดาษให้แน่นกับโต๊ะเขียนแบบ โดยใช้ไม้ที่เป็นเครื่องตรวจสอบความขنانของกระดาษ จากนั้นใช้เทปติดกระดาษที่มุมบนหั้งสองข้าง แล้วเลื่อนไม้ลงด้านล่าง ซึ่งไม้จะช่วยกดกระดาษให้เรียบกับพื้นโต๊ะ จากนั้นจึงใช้เทปติดมุมกระดาษข้างล่างหั้งสองข้าง ดังแสดงในรูปที่ 1.22



รูปที่ 1.22 การติดกระดาษเขียนแบบ (www.tatc.ac.th)

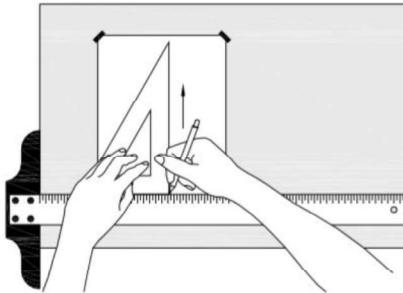
1.4.2 การใช้ไม้และบรรทัดสามเหลี่ยม

- การขีดเส้นตรงในแนวนอน จะใช้ไม้แนบกับขอบโต๊ะเขียนแบบ พร้อมทั้งหมุนดินสอซ้าย ขณะลากเส้น ดินสอจะเอียงทำมุม 60 องศา กับกระดาษเขียนแบบ โดยใช้มือซ้ายต้องจับส่วนหัวไม้ที่ และกดให้แนบติดกับขอบโต๊ะ แล้วเลื่อนเข้า-ลงไปตามตำแหน่งที่ต้องการเขียนเส้น ดังแสดงในรูปที่ 1.23



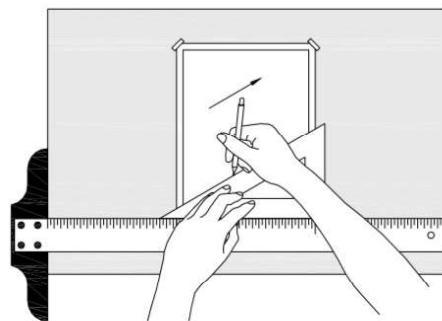
รูปที่ 1.23 การขีดเส้นตรงในแนวนอน (www.tatc.ac.th)

- การขีดเส้นตรงในแนวตั้ง โดยการกดให้ขอบหัวไม้ที่แนบติดกับขอบโต๊ะ แล้ววางจากสามเหลี่ยมให้แนบขนานกับขอบไม้ที่ แล้วใช้มือช่วยกดจากสามเหลี่ยมให้แนบกับกระดาษเขียนแบบ มือขวาจับดินสอแล้วขีดเส้น จากด้านล่างขึ้นไปทางด้านบน ตามแนวตั้งจากขอบสามเหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 1.24

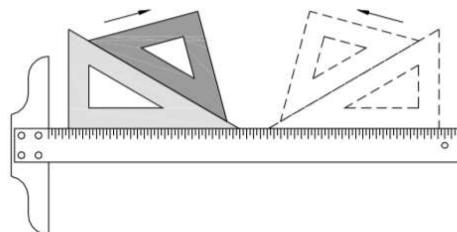


รูปที่ 1.24 การขีดเส้นตรงในแนวตั้ง (www.tatc.ac.th)

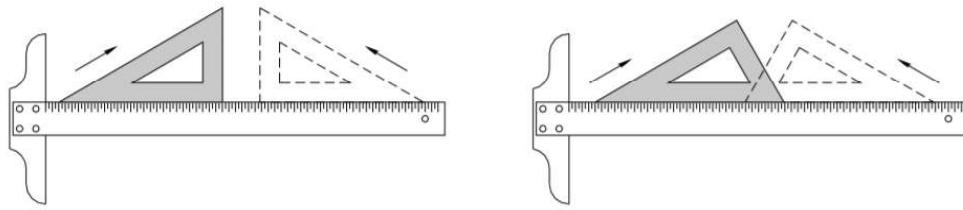
- การเขียนเส้นตรงในแนวเฉียงด้วยจากสามเหลี่ยม โดยการกดให้หัวไม้ที่แนบติดกับขอบโต๊ะ แล้ววางจากสามเหลี่ยมให้แนบขนานกับไม้ที่ แล้วใช้มือช่วยกดจากสามเหลี่ยมให้แนบกับกระดาษเขียนแบบ มือขวาจับดินสอแล้วขีดเส้นจาก ด้านซ้ายไปทางขวาตามแนวเฉียงของจากสามเหลี่ยม โดยให้ส่วนปลายดินสอติดกับขอบไม้ที่ (ดังแสดงในรูปที่ 1.25) สำหรับการเขียนเส้นตรงในแนวเฉียงด้วยจากสามเหลี่ยมในทิศทางมุมต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.26 ถึงรูปที่ 1.32



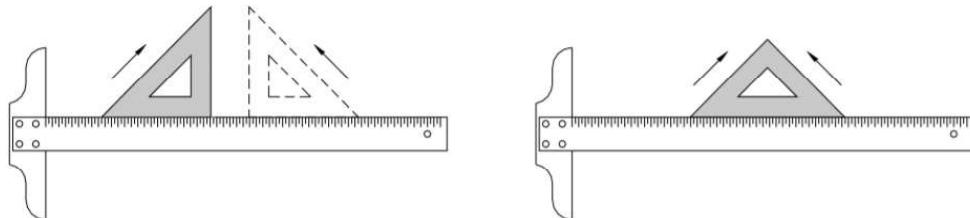
รูปที่ 1.25 การเขียนเส้นตรงในแนวเฉียงด้วยจากสามเหลี่ยม (www.tatc.ac.th)



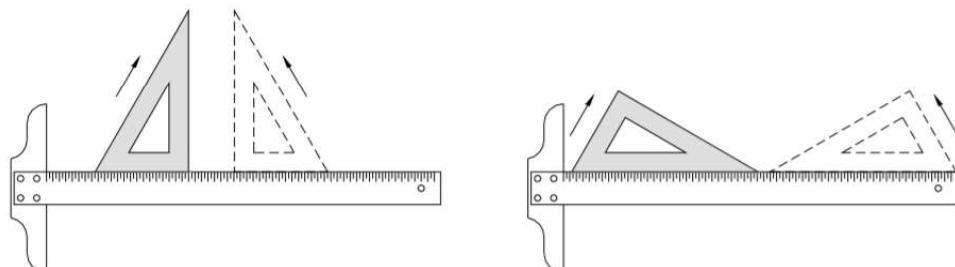
รูปที่ 1.26 แสดงการใช้จากสามเหลี่ยมเขียนเส้นตรงทำมุมเอียง 15 องศา (www.tatc.ac.th)



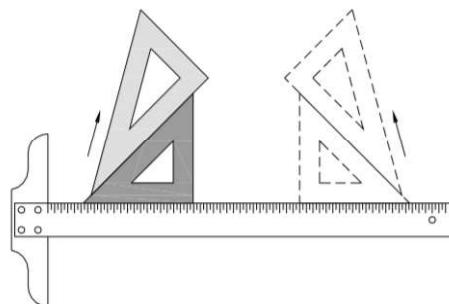
รูปที่ 1.27 แสดงการใช้จากสามเหลี่ยมเขียนเส้นตรงทำมุมเอียง 30 องศา (www.tatc.ac.th)



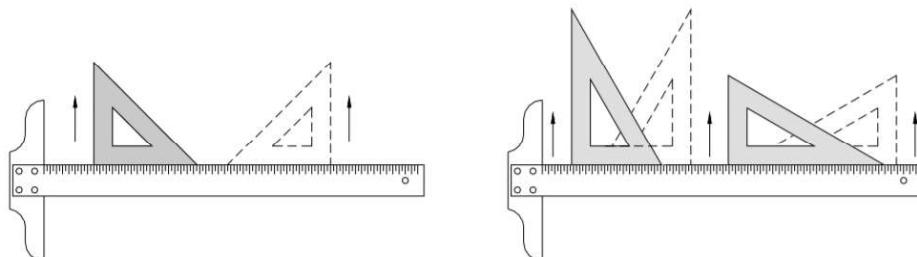
รูปที่ 1.28 แสดงการใช้จากสามเหลี่ยมเขียนเส้นตรงทำมุมเอียง 45 องศา (www.tatc.ac.th)



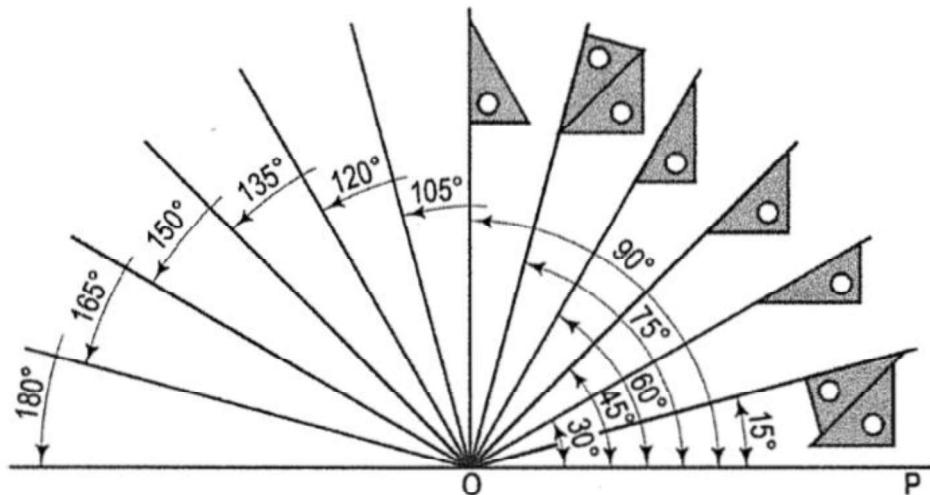
รูปที่ 1.29 แสดงการใช้จากสามเหลี่ยมเขียนเส้นตรงทำมุมเอียง 60 องศา (www.tatc.ac.th)



รูปที่ 1.30 แสดงการใช้จากสามเหลี่ยมเขียนเส้นตรงทำมุมเอียง 75 องศา (www.tatc.ac.th)



รูปที่ 1.31 แสดงการใช้จากสามเหลี่ยมเขียนเส้นตรงในแนวตั้งฉาก (90 องศา) (www.tatc.ac.th)

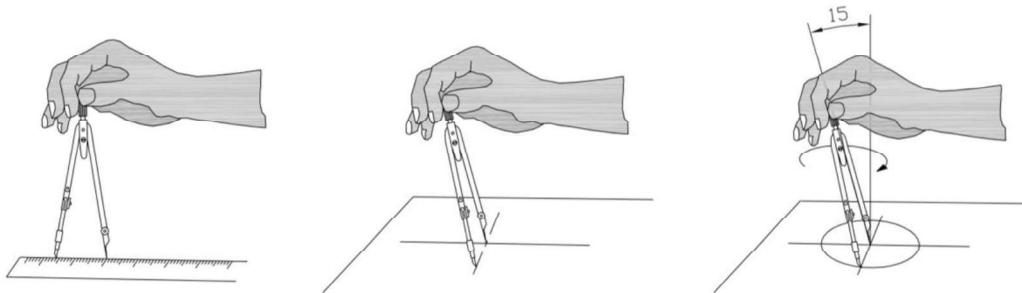


รูปที่ 1.32 แสดงการใช้จากสามเหลี่ยมเขียนเส้นตรงในแนวต่างๆ

(Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

1.4.3 การใช้วงเวียนเขียนวงกลมหรือส่วนโค้ง

วิธีการเขียนวงกลมหรือส่วนโค้ง ให้ปรับขาของเวียนข้างที่เป็นเหล็กแหลมยาวกว่าข้างที่เป็นไส้เล็กน้อย เพราะปลายแหลมต้องปรับตามลงในกระดาษ ตั้งระยะรัศมีที่ต้องการกับสเกล บรรทัดเมื่อปรับได้รัศมีที่ต้องการแล้วจับด้ามวงเวียนด้วยนิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ว่างปลายขาเหล็กของเวียนลงในตำแหน่งจุดศูนย์กลางวงกลมหรือรัศมี เริ่มเขียนวงกลมหรือส่วนโค้งโดยหมุนวงเวียนตามเข็มนาฬิกาและให้เอนวงเวียนไปในทิศทางของการลากเส้นเล็กน้อย ประมาณ 15 องศา พยายามหมุนวงเวียนเพียงครั้งเดียว เพื่อให้ได้เส้นที่คมและต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 1.33



รูปที่ 2.33 การใช้วงเวียนเขียนส่วนโค้ง (www.tatc.ac.th)

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1

- (1) จงอธิบายวัตถุประสงค์และความสำคัญของการเขียนแบบวิศวกรรม

.....
.....
.....
.....
.....
.....

- (2) จงอธิบายรูปแบบในการเขียนแบบวิศวกรรม

.....
.....
.....
.....
.....
.....

- (3) จงอธิบายองค์ประกอบของการเขียนแบบวิศวกรรม

.....
.....
.....
.....
.....
.....

- (4) จงอธิบายประโยชน์ของไม้ที่หรือทีสไลด์

.....
.....
.....
.....
.....
.....

- (5) จงเรียงลำดับความเข้มข่องไส้ดินสอ

.....
.....
.....
.....
.....

(6) จงอธิบายวิธีการติดกระดาษเขียนแบบบนโต๊ะเขียนแบบที่ถูกต้อง

.....
.....
.....
.....
.....

(7) จงอธิบายวิธีการใช้วงเวียนในการเขียนวงกลมหรือส่วนโค้งที่ถูกต้อง

.....
.....
.....
.....
.....

(8) จงอธิบายและวาดภาพประกอบการใช้ไม้ที่และบรรทัดสามเหลี่ยมในการเขียนเส้นทำมุน
ดังต่อไปนี้

(a) 15 องศา

(b) 75 องศา

(c) 135 องศา

บทที่ 2

มาตรฐานในงานเขียนแบบวิศวกรรม

มาตรฐานสำหรับการเขียนแบบ เป็นข้อกำหนดที่รวมรวมไว้ให้วิศวกรหรือช่างเทคนิคถือปฏิบัติร่วมกัน เพื่อให้งานเขียนแบบมีความเหมาะสมและสามารถทำความเข้าใจได้ตรงกัน ประเทศต่างๆ จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานสำหรับการเขียนแบบขึ้นเพื่อใช้ในประเทศของตนเอง เช่น ANSI (American National Standard Institute), JIS (Japanese Industrial Standard), BS (British Standard) และ ISO (International Standards Organization) เป็นต้น ถึงแม้ว่าแต่ละประเทศจะกำหนดมาตรฐานของประเทศตัวเองขึ้นมาแต่โดยรวมไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างรหัสมาตรฐานการเขียนแบบสำหรับประเทศต่างๆ

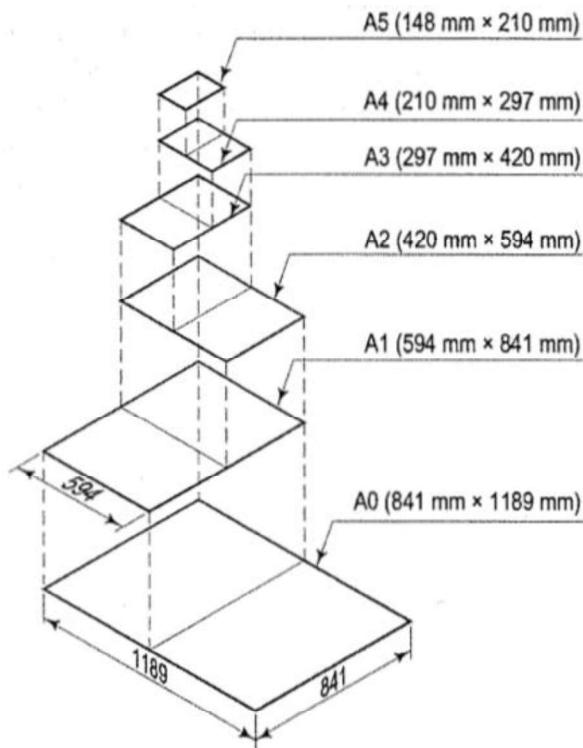
ประเทศ	รหัส	ชื่อเต็ม
USA	ANSI	American National Standard Institute
Japan	JIS	Japanese Industrial Standard
UK	BS	British Standard
Australia	AS	Australian Standard
Germany	DIN	Deutsches Institute fur Normung
International	ISO	International Standard Organization

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างรหัสมาตรฐานการเขียนแบบของประเทศญี่ปุ่น

รหัส	มาตรฐาน
JIS Z 8311	Size and Format of drawings
JIS Z 8312	Line Conventions
JIS Z 8313	Lettering
JIS Z 8314	Scales
JIS Z 8315	Projection methods
JIS Z 8316	Presentation of view and Section
JIS Z 8317	Dimensioning

2.1 มาตรฐานกระดาษเขียนแบบ

กระดาษเขียนแบบตามมาตรฐาน ISO เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ขนาดใหญ่ที่สุดของกระดาษเขียนแบบคือ A0 และขนาดกระดาษที่เล็กที่สุดที่เหมาะสมในการใช้เขียนแบบคือ A4 มาตรฐานเกี่ยวกับกระดาษเขียนแบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 มาตรฐานเกี่ยวกับกระดาษเขียนแบบ (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

ในการเขียน Title block หรือตารางรายการแบบ ควรอยู่ภายในกรอบพื้นที่ของกระดาษเขียนแบบด้านล่างขวามีอ ตารางรายการแบบสามารถมีความยาวสูงสุดได้ 170 มม. และประกอบด้วยรายละเอียดและข้อมูลสำคัญ ดังนี้

- ชื่อแบบหรือชื่อชิ้นงาน (Title of the drawing)
 - เลขที่แบบ (Drawing number)
 - มาตราส่วน (Scale)
 - สัญลักษณ์ภาพฉาย (Symbol denoting the method of projection)
 - ชื่อบริษัท/เจ้าของแบบ (Name of the firm)
 - ชื่อผู้ออกแบบ ตรวจสอบ และอนุมัติ (Designed, checked and approved)
- ตัวอย่างตารางรายการแบบ และพื้นที่สำหรับการเขียนแบบสำหรับงานทั่วไปและสำหรับนักศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 2.2

Table dimensions: Total width = 170, Total height = 65.

	NAME	DATE	MATERIAL	TOLERANCE	FINISH
DRN					
CHD					
APPD					
PROJECTION		LEGAL OWNER	TITLE		
SCALE			IDENTIFICATION NUMBER		

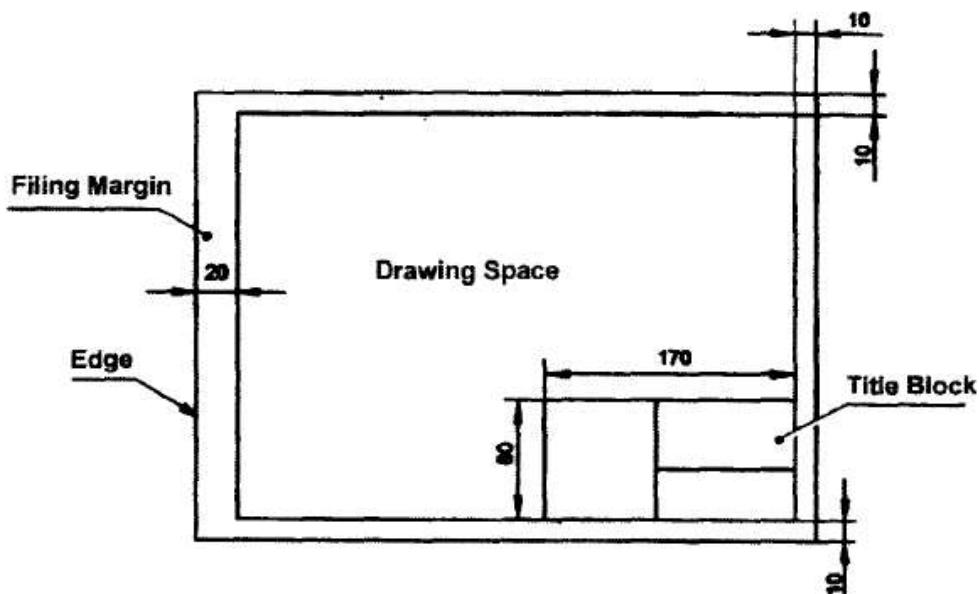
ก) สำหรับงานเขียนแบบทั่วไป

Table dimensions: Total width = 150, Total height = 65.

NAME OF STUDENT		TITLE		
CLASS:	DRGNO:	SCALE		
ROLL NO:	GRADE:			
DATE:	VALUED BY			
50	50	50		

ข) สำหรับนักศึกษา

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างตารางรายการแบบ (Title Block) (K.Venkata Reddy, 2008)



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างพื้นที่สำหรับการเขียนแบบ (Drawing Layout) (K.Venkata Reddy, 2008)

2.2 มาตรฐานเส้น

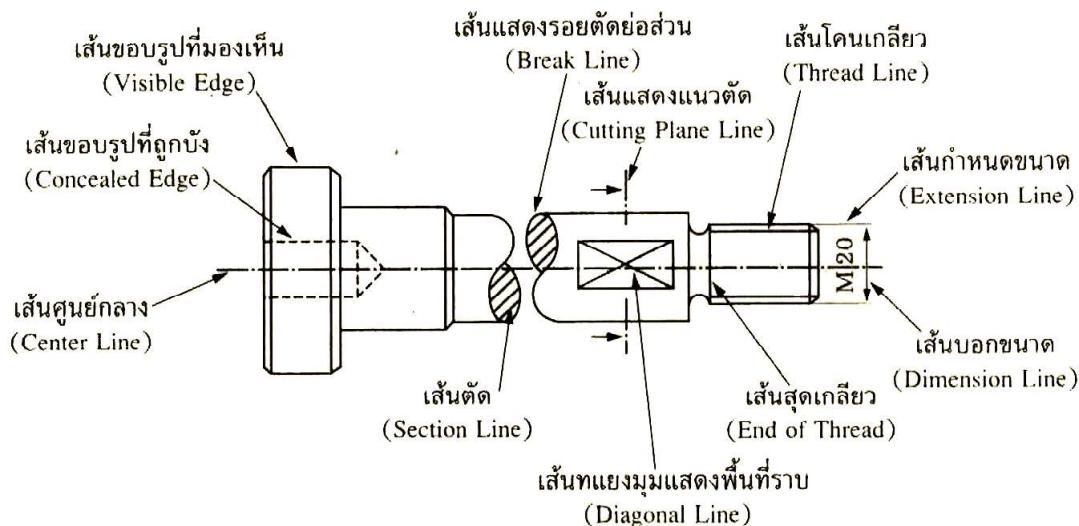
ในการเขียนแบบจำเป็นต้องมีการใช้เส้นที่มีความหนา (Thickness) และรูปแบบ (Style) ที่แตกต่างกัน เพื่อใช้แสดงลักษณะของชิ้นงาน ช่วยให้การสื่อสารและอ่านแบบสะดวก ขัดเจน และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ลักษณะเส้นที่สำคัญที่ใช้ในการเขียนแบบ มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานเส้นในงานเขียนแบบ

ชนิดของเส้น	ความหนา (มม.)	ลักษณะการใช้งาน	
	เส้นเต็มหนา	0.5	<ul style="list-style-type: none"> เส้นขอบรูปที่มองเห็น (Visible Edges) เส้นสุดของเกลียว (End of Thread)
	เส้นเต็มบาง	0.25	<ul style="list-style-type: none"> เส้นบอกขนาด (Dimension Line) เส้นกำหนดขนาด (Extension Line) เส้นอ้างอิง (Reference Line) เส้นโคนเกลียว (Thread Line) เส้นทแยงมุม (Diagonal Line) เส้นตัด (Section Line) เส้นแสดงการตัดเยื่อส่วน เส้นที่แสดงรายละเอียด (Part Line)
	เส้นประ (ยาวประมาณ 3-4 ซองว่าง 1 มม.)	0.35	<ul style="list-style-type: none"> เส้นขอบรูปที่ถูกบัง (Hidden line) เส้นแสดงมุมที่มองไม่เห็น (Concealed Edges)
	เส้นศูนย์กลางหนา (ยาวประมาณ 7 มม. ซองว่าง 1 มม. เส้นสั้นเกือบเป็นจุด)	0.5	<ul style="list-style-type: none"> เส้นแสดงแนวตัด (Cutting Plane Line)
	เส้นศูนย์กลางบาง (ยาวประมาณ 10 มม. ซองว่าง 1 มม. เส้นเกือบเป็นจุด)	0.25	<ul style="list-style-type: none"> เขียนเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลม ทรงกรวยบอก ทรงกลม เส้นกึงกลาง ของชิ้นงานที่มีลักษณะสมมาตร (Center Line)

ชนิดของเส้น	ความหนา (มม.)	ลักษณะการใช้งาน
เส้นมือเปล่า	0.25	<ul style="list-style-type: none"> เส้นแสดงรอยตัดย่อส่วน (Break Line) เส้นแสดงรอยตัดเฉพาะส่วน (Broken Line) เส้นร่างชิ้นร่างก่อนการเขียนแบบ

(ฝ่ายวิชาการ บริษัท สถาบันดูค์ จำกัด, 2553)



รูปที่ 2.4 ลักษณะเส้นที่ใช้ในการเขียนแบบ (ฝ่ายวิชาการ บริษัท สถาบันดูค์ จำกัด, 2553)

2.3 มาตรฐานตัวเลขและตัวอักษร

ในงานเขียนแบบนอกจากรูปภาพแล้ว ต้องมีการเขียนข้อความตัวหนังสือ ตัวเลขบอกขนาด และคำสั่งต่างๆ ในแบบ เพื่อช่วยให้ผู้ที่นำแบบไปใช้งานได้เข้าใจรายละเอียดของวัตถุได้อย่างถูกต้อง ตัวเลขและตัวอักษรมีส่วนสำคัญในงานเขียนแบบอย่างมาก ซึ่งสิงสำคัญที่จะทำให้ตัวอักษรหรือข้อความนั้นอ่านได้ง่าย คือ รูปร่างของตัวอักษรและช่องไฟระหว่างตัวอักษรและคำต้องมีความเหมาะสมไม่ชิดหรือกว่าห่างจนเกินไป มีรูปแบบที่สม่ำเสมอทั้งขนาดและความหนาของเส้นที่ใช้เขียนตัวอักษร

2.3.1 แบบตัวอักษรและตัวเลข

ตัวอักษรและตัวเลขจะมี 2 ชนิด คือ แบบตัวตรง และตัวเอน มีวิธีในการเขียนดังนี้

● ตัวอักษรแบบตรง

- ตัวอักษรแบบตรงตัวหนา มีความหนาของเส้นเท่ากับ 1 ใน 10 เท่าของความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ ($1/10h$) เมื่อ h เท่ากับความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ สำหรับความสูงของตัวอักษรตัวเล็กเท่ากับ 7 ใน 10 เท่าของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ ($7/10h$)
- ตัวอักษรแบบตรงตัวบาง มีความหนาของเส้นเท่ากับ 1 ใน 14 เท่าของความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ ($1/14h$) สำหรับความสูงของตัวอักษรตัวเล็กเท่ากับ 10 ใน 14 เท่าของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ ($10/14h$)

● ตัวอักษรตัวเลขแบบตัวเอน

- ตัวอักษรแบบเอนตัวหนา มีความหนาของเส้นเท่ากับ 1 ใน 10 เท่าของความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ ($1/10h$) เมื่อ h เท่ากับความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ สำหรับความสูงของตัวอักษรตัวเล็กเท่ากับ 7 ใน 10 เท่าของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ ($7/10h$)
- ตัวอักษรแบบเอนตัวบาง มีความหนาของเส้นเท่ากับ 1 ใน 14 เท่าของความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ ($1/14h$) สำหรับความสูงของตัวอักษรตัวเล็กเท่ากับ 10 ใน 14 เท่าของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ ($10/14h$)

2.3.2 ขนาดตัวอักษร และเส้นที่ใช้เขียนตัวอักษร

ขนาดตัวอักษรและความหนาของเส้นที่ใช้ในการเขียนตัวอักษรได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.5 ซึ่งขนาดตัวหนังสือจะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามผลคูณของ $\sqrt{2}$ (เช่น $1.8 \times \sqrt{2} = 2.5$) และ ตัวอย่างการเขียนดังรูปที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ขนาดตัวอักษรและเส้นที่ใช้เขียนตัวอักษร

ขนาดตัวอักษร	ความหนาของเส้น (มม.)	
	ตัวอักษรหนา	ตัวอักษรบาง
1.8	0.18	0.13
2.5	0.25	0.18
3.5	0.35	0.25
5	0.5	0.35
7	0.7	0.5
10	1.0	0.7
14	1.4	1.0
20	2.0	1.4

(ฝ่ายวิชาการ บริษัท สถาบันบูร์ด จำกัด, 2553)

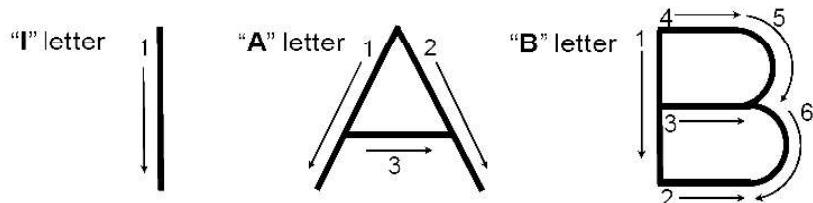
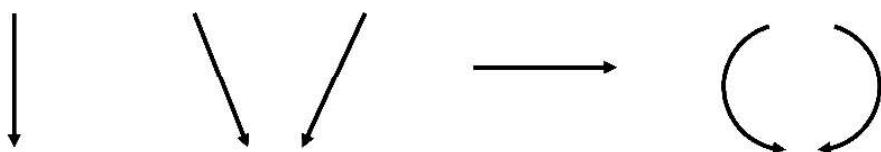
ตารางที่ 2.5 มาตรฐานความสูงของตัวอักษร

รายการ	ความสูงของตัวอักษร (มม.)			
	2.5	3.5	5	7
ความสูงอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ (h)	10/10h	2.5	3.5	5
ความสูงอักษรตัวพิมพ์เล็ก (c)	7/10h	-	2.5	3.5
ความหนาของเส้น	1/10h	0.25	0.35	0.5
ระยะห่างระหว่างบรรทัด (d)	14/10h	3.5	5	7
ระยะช่องไฟ	2/10h	0.5	0.7	1

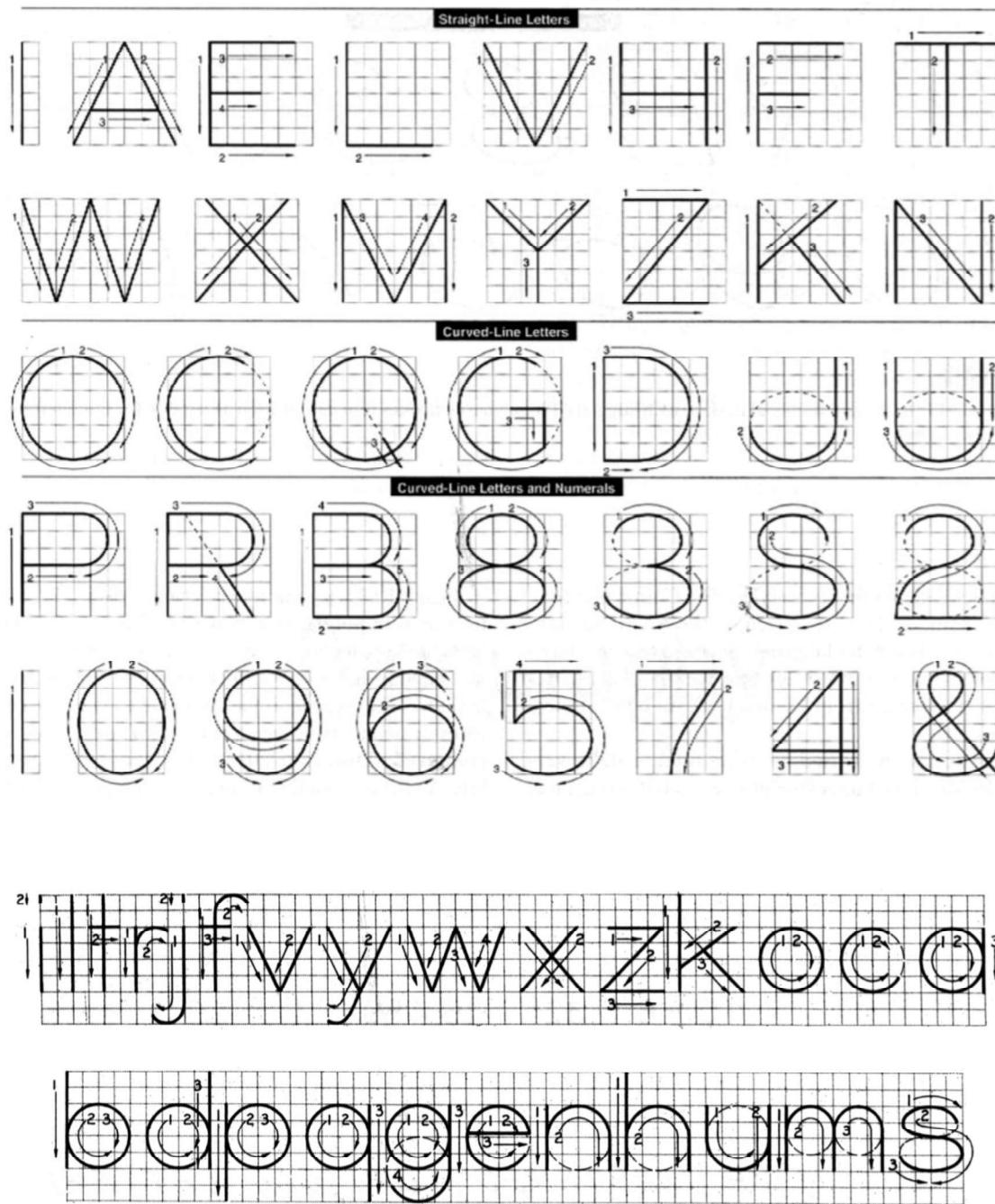
(ฝ่ายวิชาการ บริษัท สถาบันบูรคุณ จำกัด, 2553)

การเขียนตัวอักษรที่ใช้ในงานเขียนแบบนั้นประกอบไปด้วยเส้นพื้นฐาน ได้แก่ เส้นเดี่ยว เส้นเชื่อม เส้นนตอน และเส้นโถง ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และตัวอย่างการเขียนตัวอักษรภาษาอังกฤษ ดังแสดงในรูปที่ 2.6

Straight **Slanted** **Horizontal** **Curved**



รูปที่ 2.4 ชนิดของเส้นแบบต่าง ๆ สำหรับการเขียนตัวอักษร



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการเขียนตัวเลขและตัวอักษรภาษาอังกฤษ

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2

(1) เขียนอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ให้ได้สัดส่วนตามแบบ โดยห้ามใช้เครื่องมือช่วยในการเขียน

A

N

B

O

C

P

D

Q

E

R

F

S

G

T

H

U

I

V

J

W

K

X

L

Y

M

Z

(2) เขียนอักษรตัวพิมพ์เล็กให้ได้สัดส่วนตามแบบ โดยห้ามใช้เครื่องมือช่วยในการเขียน

a

n

b

o

c

p

d

q

e

r

f

s

g

t

h

u

j

v

j

w

k

x

l

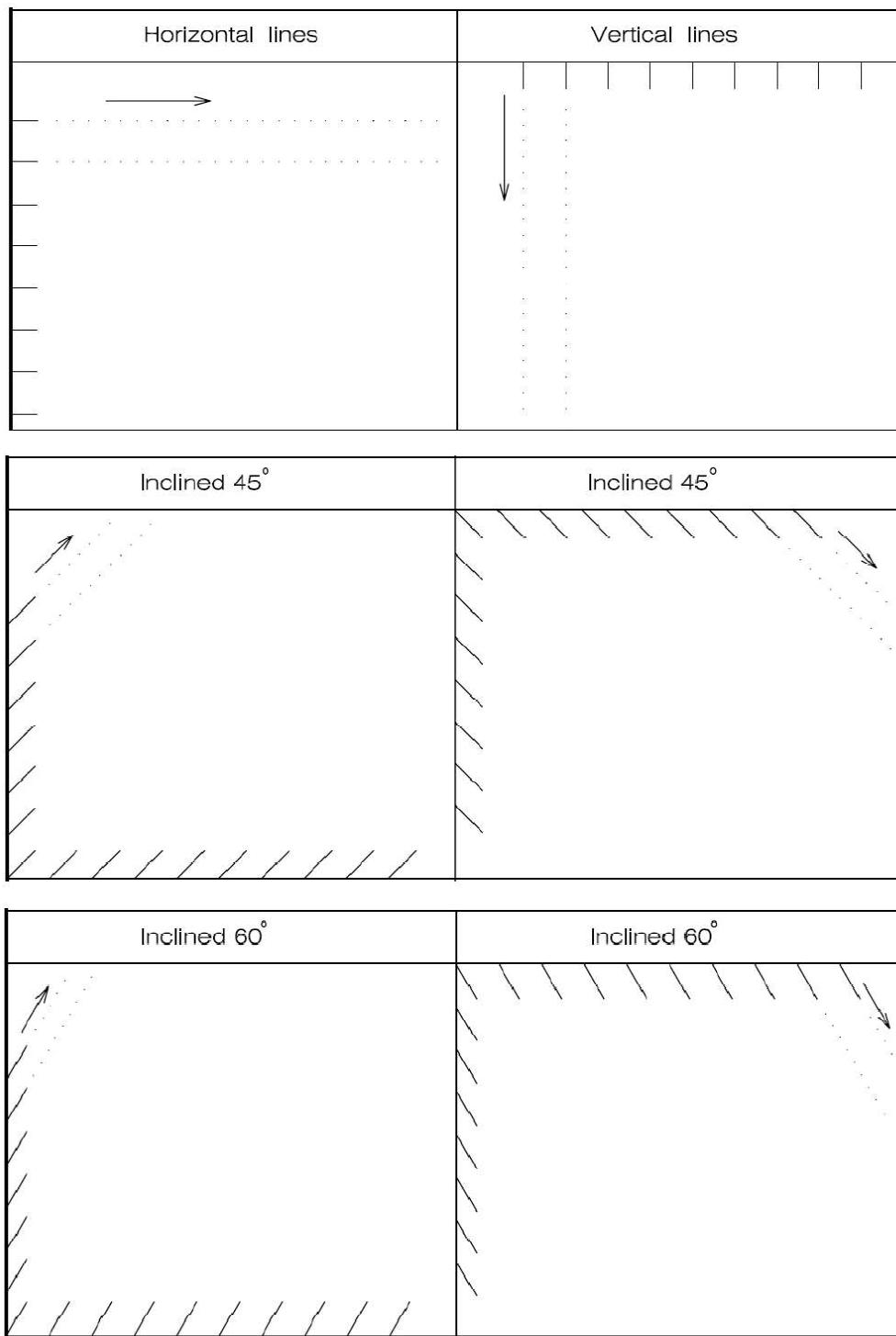
y

m

z

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

(3) เขียนเส้นตรงในแนวต่างๆ โดยใช้เครื่องมือช่วยในการเขียนแบบ

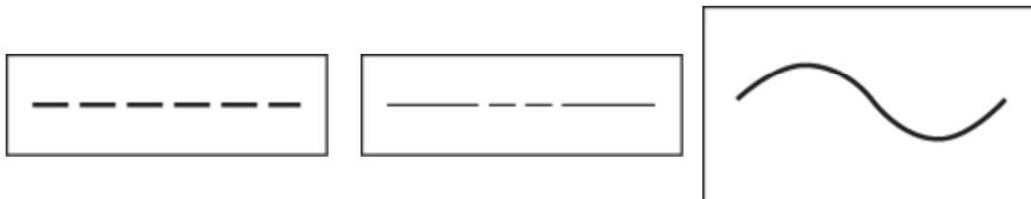


(4) จากรูปตัวเลือกดังต่อไปนี้ จงเลือกประเภทของเส้นให้ถูกต้อง

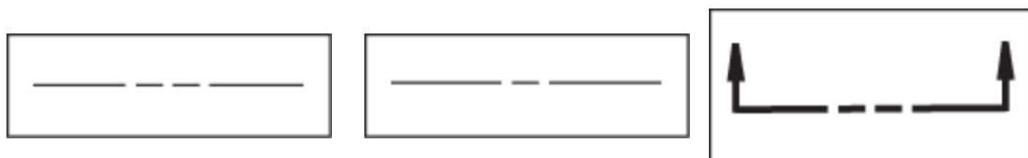
(a) Visible line



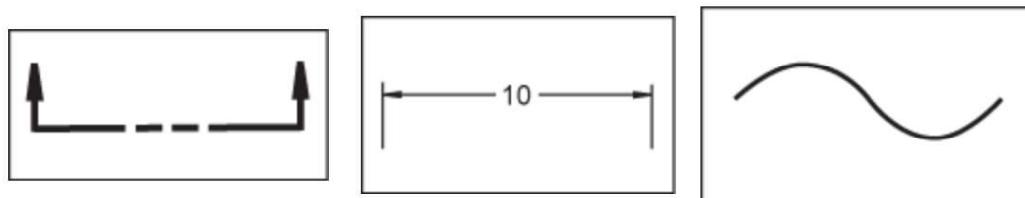
(b) Hidden line



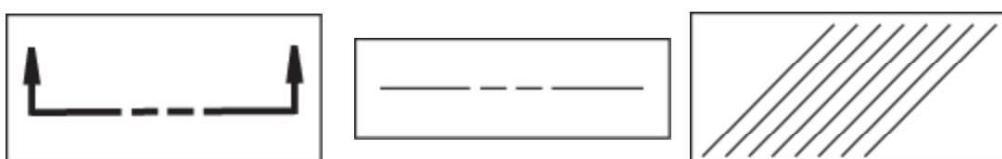
(c) Center line



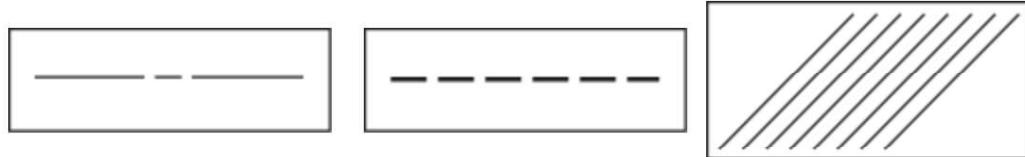
(d) Dimension & Extension lines



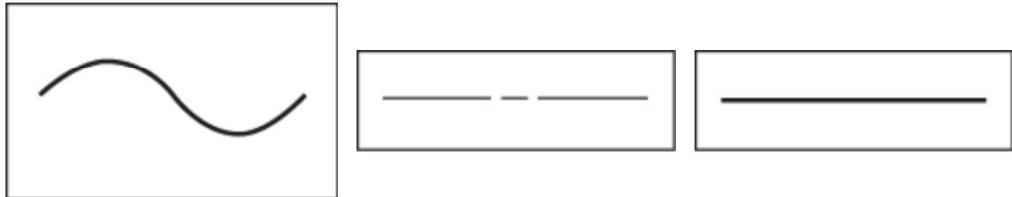
(e) Cutting plane line



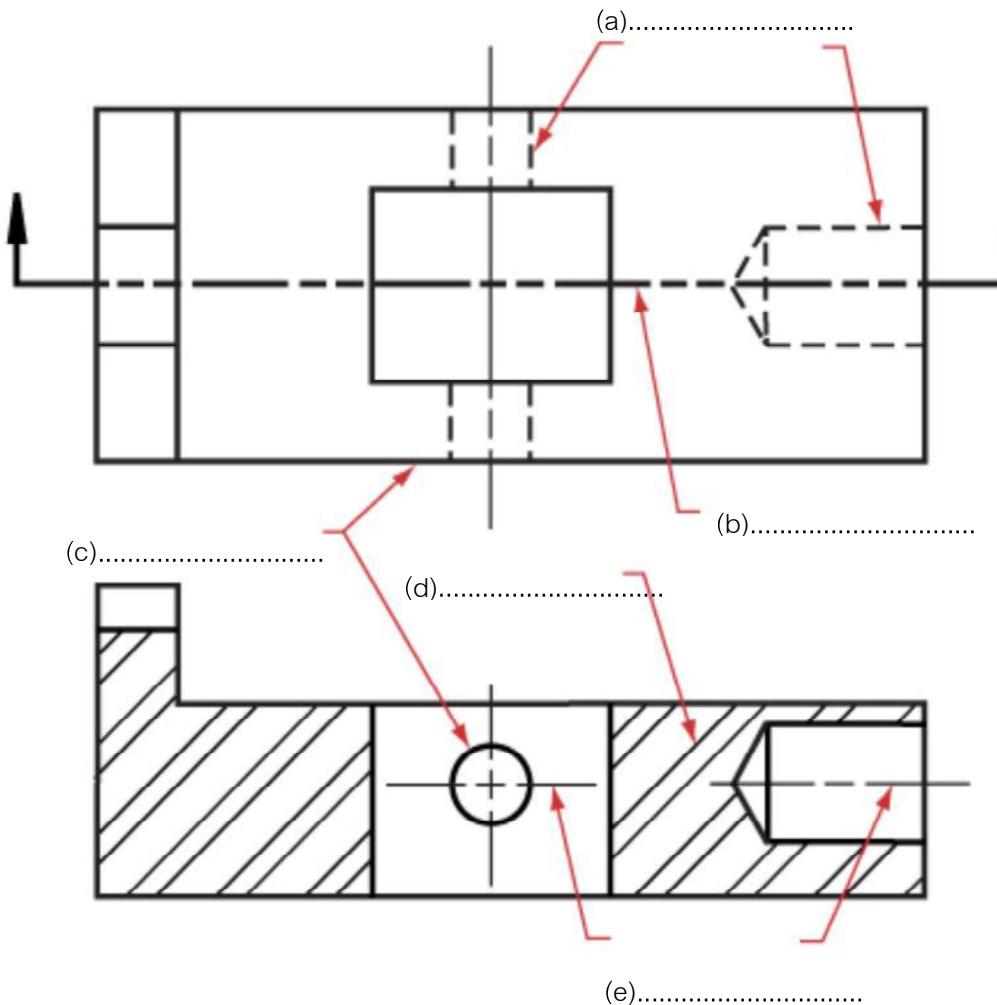
(f) Section lines



(g) Break lines



(5) จากกฎปัดงต่อไปนี้ จงระบุประเภทของเส้นให้ถูกต้อง



บทที่ 3

การกำหนดขนาด มาตราส่วน และค่าพิกัดความเพื่อ

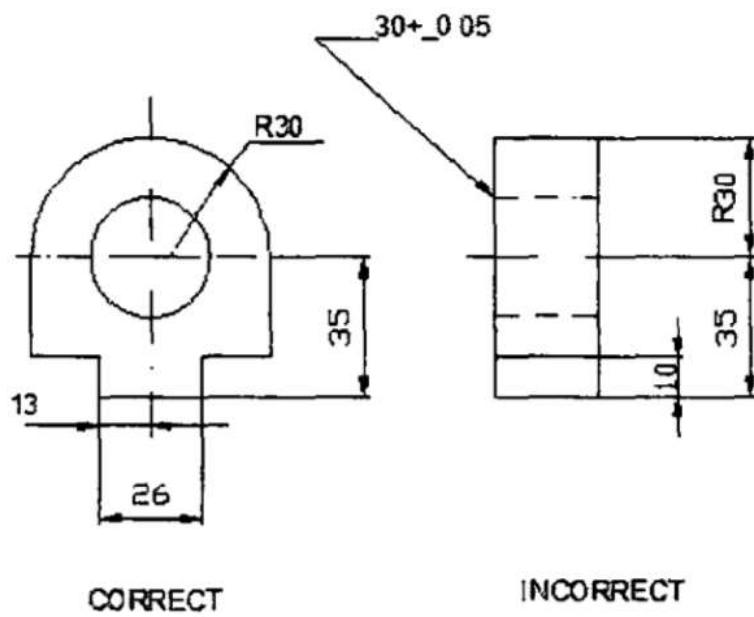
3.1 การกำหนดขนาดของมิติ

ส่วนประกอบของการเขียนแบบนอกเหนือจากการอธิบายรูป่างที่สมบูรณ์แล้ว ยังต้องให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคำอธิบายขนาดด้วย ซึ่งเป็นระยะทางระหว่างพื้นผิว ที่ตั้งของหลุม ลักษณะของพื้นผิว และชนิดของวัสดุ เป็นต้น คำอธิบายขนาดหรือการกำหนดขนาด (Dimension) มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการเพิ่มข้อมูลต่างๆ ของขนาดลงไปในชิ้นงานสำหรับบอกรายละเอียดให้ถูกต้อง สมบูรณ์ ชัดเจน และไม่ก่อให้เกิดข้อผิดพลาดเมื่อนำไปใช้งาน ดังนั้น หากกำหนดขนาดผิด ก็จะเสียไม่ได้ทันที การกำหนดขนาดจึงถือเป็นสิ่งที่ผู้เขียนต้องรอบคอบและระมัดระวังมาก เพื่อได้งานแบบที่สมบูรณ์ที่สุด การแสดงคุณสมบัติเหล่านี้ในงานเขียนแบบ เป็นการใช้เส้น สัญลักษณ์ ตัวเลข และบันทึกย่อ

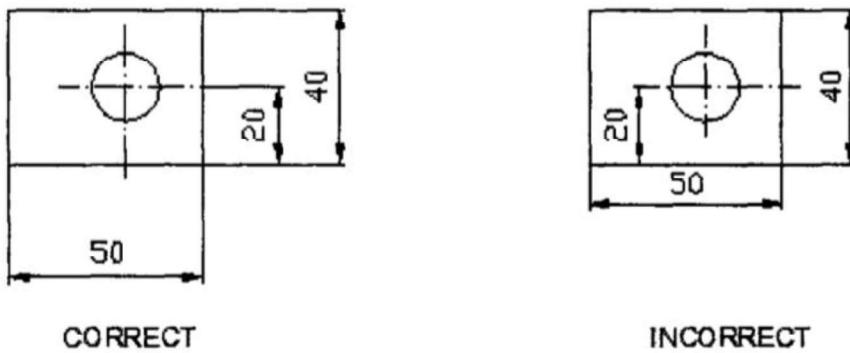
3.1.1 หลักการในการกำหนดขนาด

ตัวอย่างหลักการในการกำหนดขนาด ดังนี้

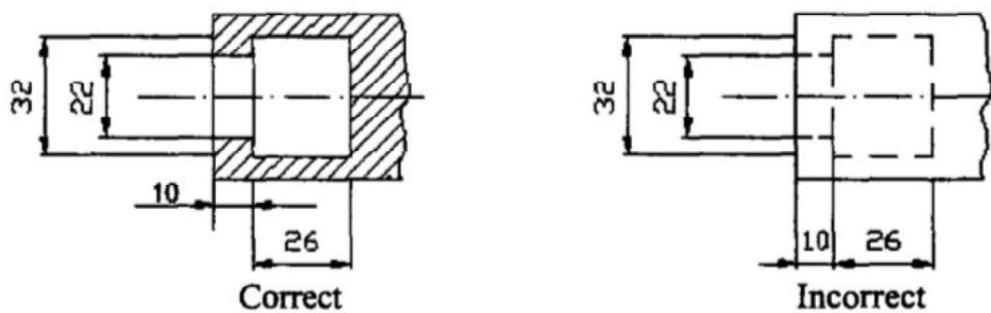
- ข้อมูลมิติทั้งหมดที่จำเป็นในการอธิบายองค์ประกอบอย่างชัดเจนและสมบูรณ์จะต้องถูกเขียนลงบนวัตถุโดยตรง
- คุณลักษณะแต่ละอย่างของแบบจะต้องถูกกำหนดมิติในภาพวดเพียงครั้งเดียว กล่าวคือ มิติที่ทำเครื่องหมายกำหนดขนาดในมุมมองหนึ่งแล้ว จะไม่จำเป็นต้องทำซ้ำในมุมมองอื่นอีก
- ควรวางการกำหนดขนาดของมิติในมุมมองที่เห็นรูป่างได้ที่สุด (รูปที่ 3.1)
- การกำหนดขนาดควรแสดงในหน่วยเดียว โดยทั่วไปแสดงในหน่วยมิลลิเมตรโดยไม่แสดงสัญลักษณ์หน่วย (มม.)
- ควรวางการกำหนดขนาดของมิติให้อยู่นอกชิ้นงานเท่าที่จะทำได้ (รูปที่ 3.2)
- ควรกำหนดขนาดของมิติโดยให้ข้อมูลจากโครงสร้างที่มองเห็นได้แทนที่จะมองจากเส้นที่ถูกบังหรือซ่อนอยู่ (รูปที่ 3.3)
- “ไม่ควรใช้เดาว่างหรือเส้นกึ่งกลางเป็นเส้นบอกขนาด (Dimension line) โดยอาจต่อเส้นออกเพื่อทำหน้าที่เป็นเส้นกำหนดขนาด (Extension line) (รูปที่ 3.4)
- ควรกำหนดขนาดของมิติในระบบแนวตั้งและแนวอนปกติ (Aligned system)



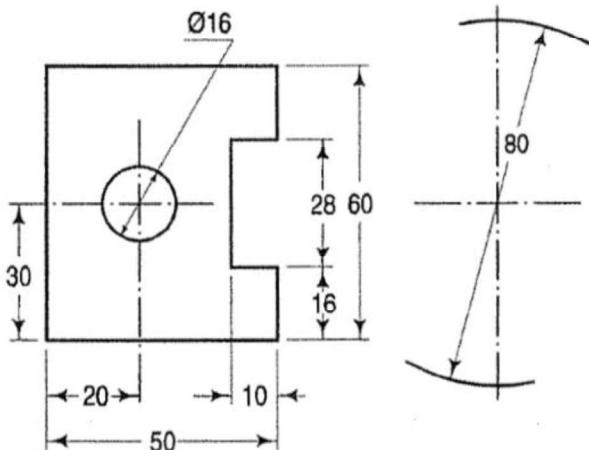
รูปที่ 3.1 การกำหนดขนาดของมิติในมุมมองที่เห็นชัดเจนที่สุด (K.Venkata Reddy, 2008)



รูปที่ 3.2 การกำหนดขนาดของมิติให้อยู่นอกชิ้นงาน (K.Venkata Reddy, 2008)



รูปที่ 3.3 การกำหนดขนาดของมิติโดยให้ข้อมูลจากโครงร่างที่มองเห็นได้ (K.Venkata Reddy, 2008)



รูปที่ 3.4 การต่อเส้นออกเพื่อทำหน้าที่เป็นเส้นกำหนดขนาด (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

3.1.2 ส่วนประกอบของการกำหนดขนาดของมิติ

ส่วนประกอบหลักๆ ของการกำหนดขนาดของมิติ ดังนี้

- **เส้นกำหนดขนาด (Extension or projection lines)** เป็นเส้นบางๆ ต่อเนื่อง ที่ต่อเส้นออกไปอีกจากเส้นกำหนดขนาดประมาณ 1-3 มม.
- **เส้นบอกขนาด (Dimension line)** เป็นเส้นบางๆ ต่อเนื่อง ลิ้นสุดที่ปลายด้านนอกด้วยหัวลูกศรซึ่งไปที่เส้นโครงร่าง (Outline) เส้นกำหนดขนาด (Extension line) หรือเส้นศูนย์กลาง (Center line)
- **เส้นนำทาง (Leader or pointer lines)** เป็นเส้นบางๆ ต่อเนื่อง ที่ถูกขีดเพื่อเชื่อมต่อบันทึกย่อ (Note) เพื่อแสดงคุณสมบัติและลักษณะ ปลายด้านหนึ่งของเส้นนำทางลิ้นสุดที่หัวลูกศรหรือจุด หัวลูกศรสัมผัสกับเส้นโครงร่างในขณะที่จุดวางอยู่ภายใต้โครงของวัตถุ
- **หัวลูกศร (Arrowhead)** หัวลูกศรวางแผนที่ปลายแต่ละด้านของเส้นบอกขนาด ปลายแหลมนั้นสัมผัสกับเส้นกำหนดขนาด (Extension line) หรือเส้นศูนย์กลาง (Center line) ขนาดของหัวลูกศรควรเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมกับความหนาของโครงร่าง ความยาวของหัวลูกศรควรมีขนาดสูงสุดประมาณ 3 เท่าของความกว้าง โดยทั่วไปในการเขียนแบบวิศวกรรมหัวลูกศรจะปิดและเติมสีทึบ
- **ตัวเลขบอกขนาด (Dimension number)** มีความสูงประมาณ 2.5 – 3.0 มม. วางบนหรือกึ่งกลางของเส้นบอกขนาด

- **บันทึกย่อ (Note)** เป็นบันทึกให้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ ซึ่งจะแสดงบันทึกย่ออยู่นอกวัสดุ แต่ปลายอยู่ติดกับส่วนที่ต้องการแสดงข้อมูล เกี่ยวกับคุณสมบัติและลักษณะที่เกี่ยวข้อง
- **สัญลักษณ์บอกขนาด (Dimension symbols)** สัญลักษณ์บอกขนาดใช้แทนที่ข้อความ เป้าหมายของการใช้สัญลักษณ์การวัดขนาด คือ การกำหนดความจำเป็นในการแปลงและความหมายให้ตรงกันแทนการใช้ภาษา

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างสัญลักษณ์บอกขนาด

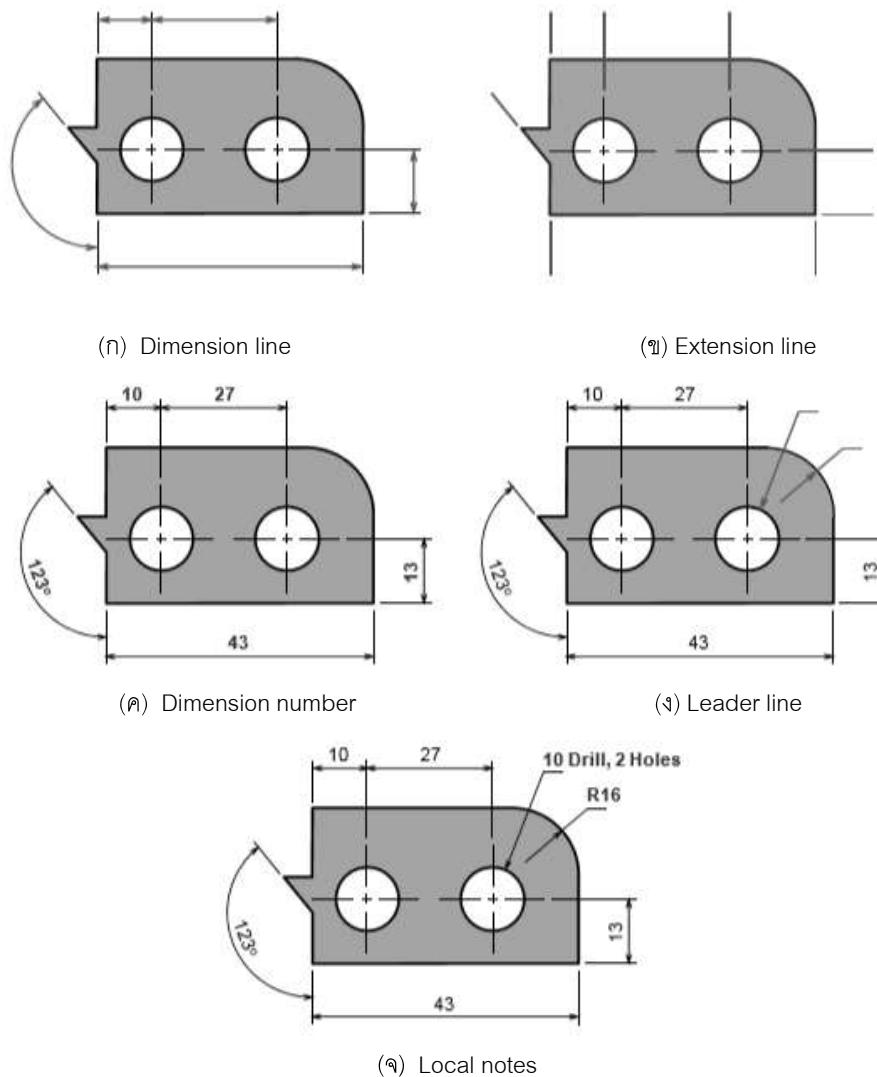
Type	Symbol
Diameter	\emptyset
Spherical Diameter	$S\emptyset$
Radius	R
Spherical Radius	SR
Reference Dimension	(8)
Counterbore / Spotface	[]
Countersink	▽
Number of times or places	X
Depth / Deep	▽
Dimension not to scale	<u>10</u>
Square (shape)	□
Arc length	5
Conical taper	△
Slope	△
Symmetry	—

(Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

แต่ละส่วนประกอบของการกำหนดขนาดของมิติ สามารถแยกให้เห็นอย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 3.5 โดยเส้นกำหนดขนาด (Extension line) ซึ่งจะเป็นเส้นตรงที่ลากยื่นออกมาจากขอบของวัสดุที่ต้องการกำหนดขนาด หรือลากออกจากจุดศูนย์กลางของวงกลม เมื่อต้องการบอกตำแหน่งของวงกลมนั้น และโดยปกติจะลากออกจากจุดศูนย์กลางเป็นคู่ เพื่อใช้กำกับขอบเขตที่ต้องการกำหนดขนาด และเส้นบอกขนาด (Dimension line) จะ

เป็นเส้นที่เริ่มและจบด้วยหัวลูกศร (Arrowhead) และใช้คู่กับเส้นบอกขนาด (Dimension line) เช่น

ตัวเลขสำหรับบอกขนาด (Dimension number) ซึ่งจะเขียนอยู่เหนือเส้นบอกขนาด (Dimension line) และขนาดที่บอกนั้นจะเท่ากับระยะห่างระหว่างเส้นกำหนดขนาด (Extension line) ที่ตัวเลขนั้นไปวางตัวอยู่ระหว่างกลาง สำหรับเส้นนำทาง (Leader line) ซึ่งจะเป็นเส้นที่ลากเฉียงมักใช้บอกขนาดกับวัตถุ โดยมีปลายด้านหนึ่งเป็นหัวลูกศร และปลายอีกด้านหนึ่งเป็นเส้นแนวอนสันฯ และปลายที่เป็นหัวลูกศรนั้นจะต้องจราดกับส่วนโค้งที่ต้องการบอกขนาด และบันทึกย่อ (Note) ซึ่ง จะใช้คู่กับเส้นนำทาง เพื่อบอกข้อมูลที่เกี่ยวกับวัตถุนั้น โดยจะเขียนข้อความนี้เหนือเส้นแนวอนสันฯ

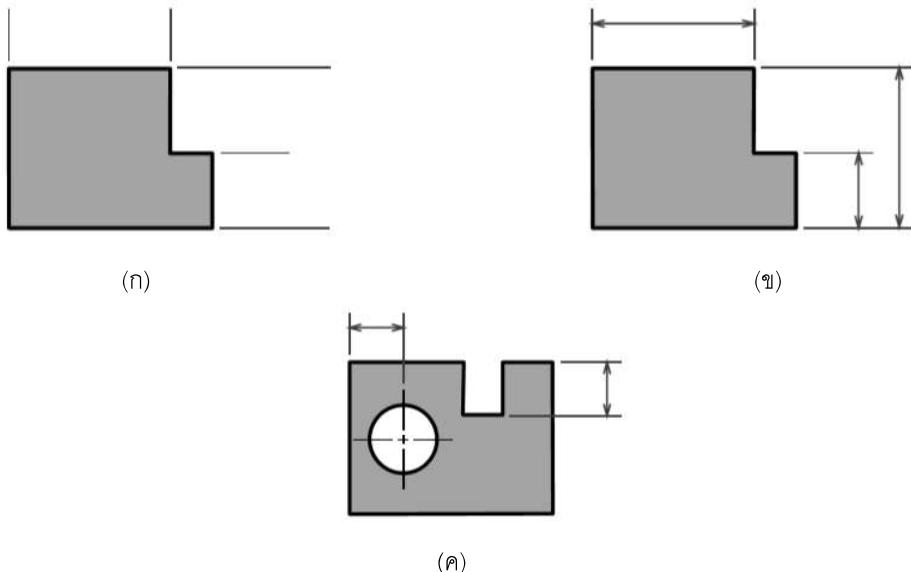


รูปที่ 3.5 ตัวอย่างของส่วนประกอบสำหรับการกำหนดขนาด (จิรพงศ์ กาลวิทย์ คำน่วย, 2550)

3.1.3 การกำหนดขนาดของมิติในทางปฏิบัติ

ตัวอย่างการกำหนดขนาดของมิติในทางปฏิบัติ มีหลักการดังนี้

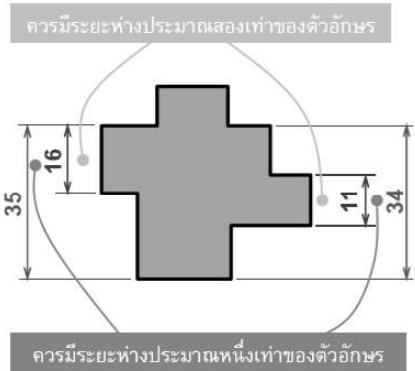
- **เส้นกำหนดขนาด (Extension lines)** ลากออกจากขอบของวัตถุนั้น จะต้องเว้นช่องว่างเล็กน้อยประมาณ 1 มม. และลากเส้นเลยเส้น Dimension lines ออกไปประมาณ 1-2 มม. และถ้าเส้น Extension lines ที่จะลากนั้นต้องลากผ่านเส้นโครงสร้างวัตถุ ก็ให้ลากทับเส้นรูปไปได้โดยไม่ต้องเว้นช่องว่าง



รูปที่ 3.5 การเขียนเส้นกำหนดขนาด (Extension lines)

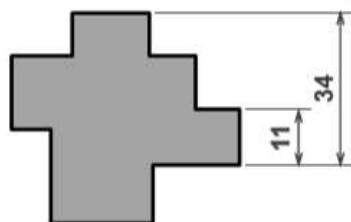
(จรพงศ์ กาลวิทย์คำนวย, 2550)

- **เส้นบอกขนาด (Dimension line)** ลากเส้นไม่ให้ชิดกับเส้นบอกขนาดเส้นอื่น หรือไม่ชิดกับตัวรูปวัตถุมากจนเกินไป โดยเส้นบอกขนาดที่อยู่ใกล้กับรูปวัตถุมากที่สุดควรจะมีระยะห่างประมาณ 2 เท่าของตัวเลขบอกขนาดที่จะเขียน ส่วนระยะห่างระหว่างเส้นบอกขนาดตัวๆ ไปก็ควรจะมีระยะห่างประมาณหนึ่งตัวอักษรดัง แสดงในรูปที่ 3.6



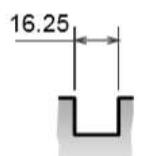
รูปที่ 3.6 การเว้นระยะห่างระหว่างเส้นบอกขนาด (จิรพงศ์ กสิริวิทย์ คำนวย, 2550)

- ตัวเลขบอกขนาด (Dimension number) หน่วยที่ใช้ในงานเขียนแบบวิศวกรรมจะใช้หน่วยเป็น มิลลิเมตร และไม่ต้องเขียนชื่อหน่วยตามหลังตัวเลขบอกขนาด ถ้าตัวเลขที่บอกขนาดเกี่ยวกับมุมให้ใช้สัญลักษณ์ “°” แทนคำว่า “องศา” มีขนาดความสูงประมาณ 2.5 – 3 มม. โดยเขียนให้อยู่เหนือเส้นบอกขนาด (Dimension line) ประมาณ 1 มม. และอยู่กึ่งกลางระหว่างเส้นกำหนดขนาด (Extension line) และอย่าใช้เส้นบอกขนาดเป็นเส้นบรรทัดในการเขียนตัวเลข ดังแสดงในรูปที่ 3.7

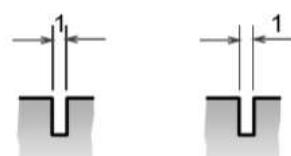


รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการเขียนตัวเลขบอกขนาด (จิรพงศ์ กสิริวิทย์ คำนวย, 2550)

ถ้าซึ่งว่างระหว่างเส้นกำหนดขนาด (Extension line) ไม่พอให้เขียนตัวเลข และ/หรือไม่พอให้เขียนหัวลูกศรของ ให้นำตัวเลขและ/หรือหัวลูกศรไปเขียนนอกเส้นกำหนดขนาดได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.8



(ก) กรณีเขียนตัวเลขไม่พอ

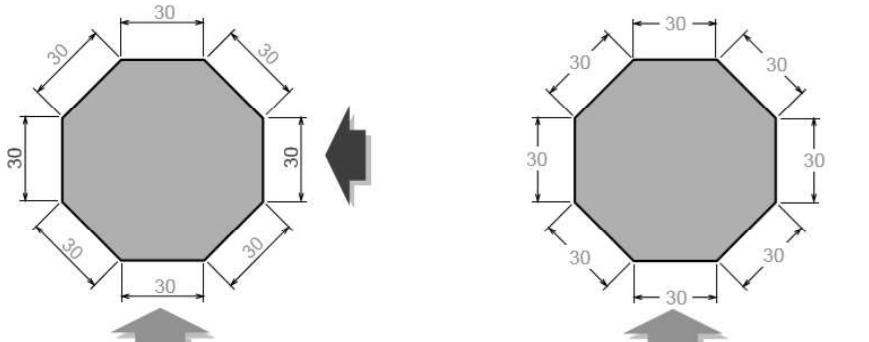


(ก) กรณีเขียนหัวลูกศรไม่พอ

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการเขียนตัวเลขบอกขนาดในกรณีที่มีที่ว่างไม่พอ

(จิรพงศ์ กสิริวิทย์ คำนวย, 2550)

มาตรฐานของแนวการวางตัวเลขสำหรับอกขนาดมี 2 รูปแบบ คือ รูปแบบ Aligned และรูปแบบ Unidirectional โดยรูปแบบ Aligned ตัวเลขจะต้องถูกวางตัวให้สามารถอ่านได้เมื่ออ่านจากทางด้านล่างหรือด้านขวาของกระดาษ เขียนแบบ ส่วนรูปแบบ Unidirectional นั้นตัวเลขจะถูกเขียนให้อ่านได้จากทางด้านล่างของกระดาษ เขียนแบบเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น โดยผู้เขียนเลือกที่จะใช้รูปแบบการเขียนแบบใดแล้วควรใช้รูปแบบนั้นกับทุกงานเขียนแบบที่ใช้เกี่ยวนองกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.9



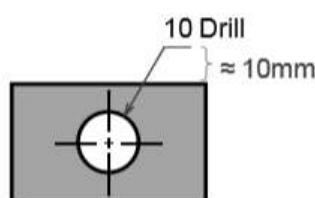
(ก) การเขียนตัวเลขแบบ Aligned

(ข) กรณีเขียนหัวดูคร่าวไม่พอด Unidirectional

รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการเขียนตัวเลขบอกขนาดแบบ Aligned และ Unidirectional

(จิรพงศ์ กสิริพิทย์คำนำways, 2550)

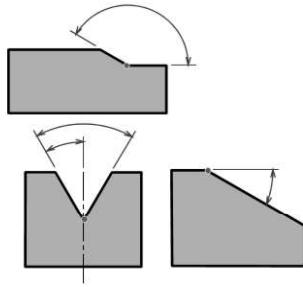
- บันทึกย่อ (Note) ตำแหน่งการวางตัวของข้อความที่เป็นหมายเหตุควรวางให้ใกล้กับบริเวณที่ข้อความนั้นกล่าวถึง และควรวางตัวอยู่นอกกรอบ ข้อความที่เขียนต้องเขียนให้อ่านได้ในแนวนอนเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างการเขียนหมายเหตุเฉพาะที่ (จิรพงศ์ กสิริพิทย์คำนำways, 2550)

3.1.4 การกำหนดขนาดของมิติสำหรับส่วนต่างๆ ของวัตถุ

- การบอกขนาดมุม การบอกขนาดของมุมจะใช้เส้นบอกขนาด (Dimension line) แบบโคงซึ่งการลากเส้นโคงนี้จะต้องใช้จุดยอดของมุมที่ต้องการบอกขนาดเป็นจุดศูนย์กลางสำหรับการเขียนส่วนโคงนั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.11



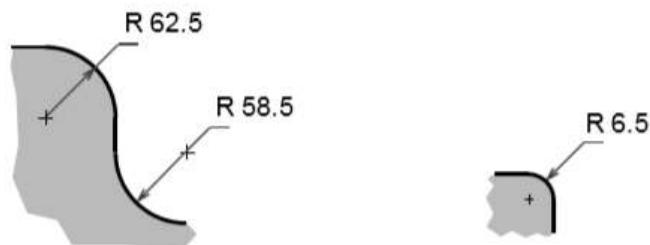
รูปที่ 3.11 ตัวอย่างการบอกร่องโค้งมุม (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

- การบอกร่องโค้ง ส่วนโคง เป็นรัศมีโดยใช้เส้นนำทาง (Leader line) ในการช่วยบอกร่องโค้ง ซึ่งควรลากให้เอียงทำมุมประมาณ $30 - 60$ องศาเทียบกับแนวระดับ ซึ่งหัวลูกศรของเส้นนำทางจะต้องเอียงไปตามมุมที่ส่วนโคง และแนวของเส้นต้องผ่านจุดศูนย์ (อาจไม่จำเป็นต้องผ่านจุดศูนย์กลาง) และต้องบอกในภาพที่เห็นขนาดจริงของส่วนโคงนั้นโดยใช้ตัวอักษร R (แทนคำว่า Radius) ตามด้วยตัวเลขเพื่อบอกขนาดของรัศมี ทั้งนี้ตัวเลขบอกร่องโค้งและหัวลูกศรควรวางอยู่ภายใต้ส่วนโคงทั้งคู่ ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การบอกร่องโค้งส่วนโคง (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

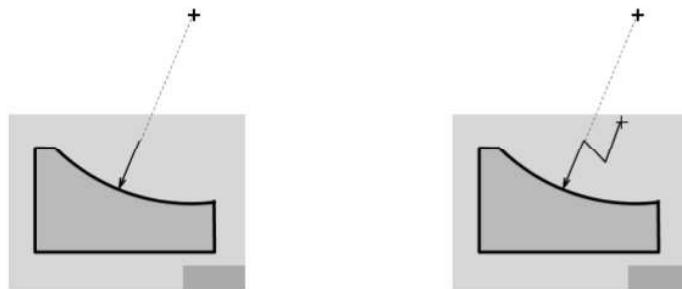
ในการนี้ไม่สามารถเขียนตัวเลขบอกร่องโค้งและหัวลูกศรไว้ภายใต้ส่วนโคงทั้งคู่ได้ สามารถนำตัวเลขบอกร่องโค้งไปเขียนนอกส่วนโคงได้ และกรณีที่ส่วนโคงมีขนาดเล็กมากไม่สามารถแม้มั่นใจได้ว่าหัวลูกศรได้ถูกเขียนไว้ในตำแหน่งที่ถูกต้อง จึงต้องบอกขนาดไว้นอกส่วนโคงทั้งหมดได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การบอกร่องโค้งเมื่อมีช่องว่างในการเขียนไม่พอ
(จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

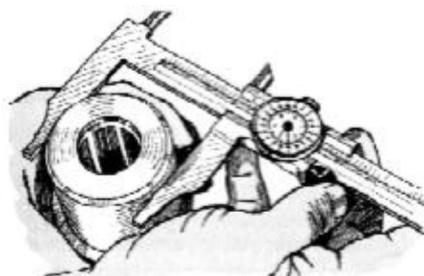
ในกรณีที่ต้องแนบข้อมูลของจุดศูนย์กลางส่วนโค้งอยู่นอกกระดาษเขียนแบบหรือไปอยู่ช่องทับกับภาพข้างเคียง สามารถย่อเส้นบอกขนาดให้สั้นลงได้ แต่แนวของเส้นยังต้องผ่านจุดศูนย์กลางอยู่ เช่นเดิม หรืออาจเขียนจุดศูนย์กลางสมมติ ดังแสดงในรูปที่

3.14

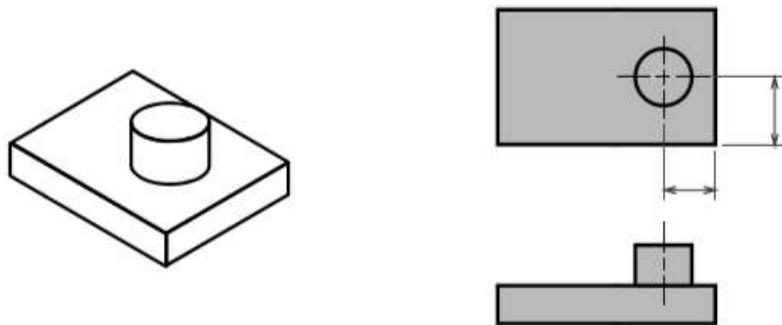


รูปที่ 3.14 การเขียนเส้น Leader lines เมื่อจุดศูนย์กลางอยู่นอกกระดาษเขียนแบบ
(จรพงศ์ กลิวิทย์คำนวย, 2550)

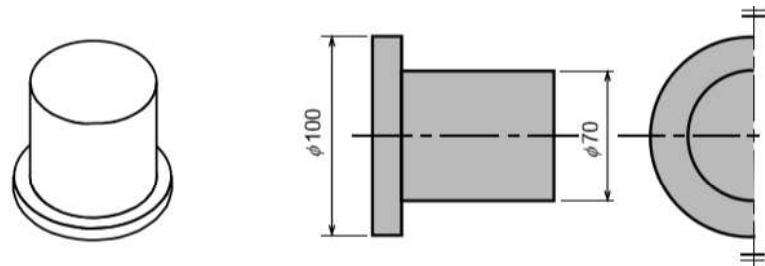
- การบอกขนาดทรงกระบอก ต้องให้ข้อมูลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของทรงกระบอกเนื่องจากสามารถวัดขนาดได้ด้วยเครื่องมือ (ดังรูปที่ 3.15) การให้ขนาดรัศมีจะไม่สามารถหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางเพื่อวัดรัศมีได้ การบอกข้อมูลที่เกี่ยวกับตำแหน่งของทรงกระบอก จะต้องบอกไปยังจุดศูนย์กลางของทรงกระบอก และควรให้ข้อมูลนี้ การให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงกระบอก ควรให้เห็นทรงกระบอกตามความยาวและเขียนลักษณะ \varnothing นำหน้าตัวเลขเพื่อบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ดังแสดงในรูปที่ 3.16 ถึงรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.15 การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกระบอก (จรพงศ์ กลิวิทย์คำนวย, 2550)

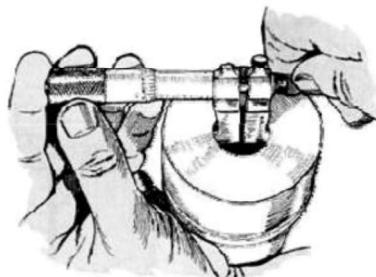


รูปที่ 3.16 การบอกรากด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกระบอก (จิราพงศ์ กสิริวิทย์ คำนำways, 2550)



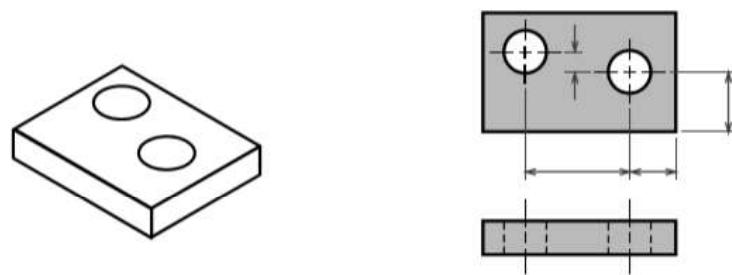
รูปที่ 3.17 การให้ขนาดเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกระบอก (จิราพงศ์ กสิริวิทย์ คำนำways, 2550)

- การบอกขนาดฐาน ต้องบอกขนาดเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางและความลึก เนื่องจากสามารถวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของฐานด้วยเครื่องมือเข็มกันกับการบอกขนาดของทรงกระบอก (รูปที่ 3.18)



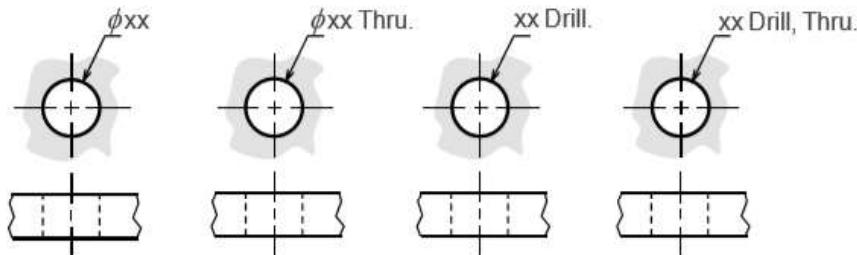
รูปที่ 3.18 การวัดขนาดฐาน

(จิราพงศ์ กสิริวิทย์ คำนำways, 2550)

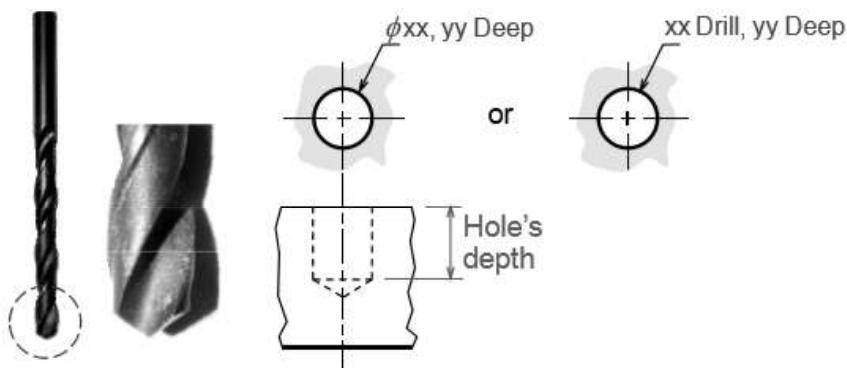


รูปที่ 3.19 การบอกรากด้วยเส้นผ่าศูนย์กลาง (จิราพงศ์ กสิริวิทย์ คำนำways, 2550)

การบอกรוחขนาดของรูใช้เส้นนำทาง (Leader line) และหมายเหตุเฉพาะที่เพื่อบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความลึกของรู ในกรณีที่รูมีขนาดเล็กและล้วนถูกเจาะทะลุ ให้เขียนบอกร่องที่แสดง ในรูปที่ 3.20 ส่วนในกรณีที่รูเจาะไม่ทะลุ การบอกร่องก็สามารถทำได้เช่นเดียวกัน เพียงแต่เพิ่มเติมข้อความบอกรความลึกของรูเจาะดังแสดงในรูปที่ 3.21

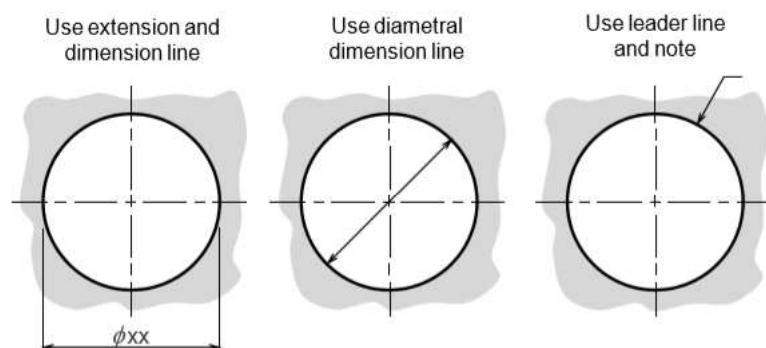


รูปที่ 3.20 การบอกร่องขนาดของรูเจาะทะลุ (จิรพงศ์ กสิวิทย์คำนวย, 2550)



รูปที่ 3.21 การบอกร่องขนาดของรูเจาะไม่ทะลุ (จิรพงศ์ กสิวิทย์คำนวย, 2550)

กรณีที่รูเจาะมีขนาดใหญ่สามารถบอกร่องขนาดรูได้โดยใช้รูปแบบใดรูปแบบ อาจใช้เส้นกำหนดขนาด (Extension line) และเส้นบอกร่อง (Dimension line) ในการบอกร่อง ดังแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 การบอกร่องขนาดสำหรับรูขนาดใหญ่ (จิรพงศ์ กสิวิทย์คำนวย, 2550)

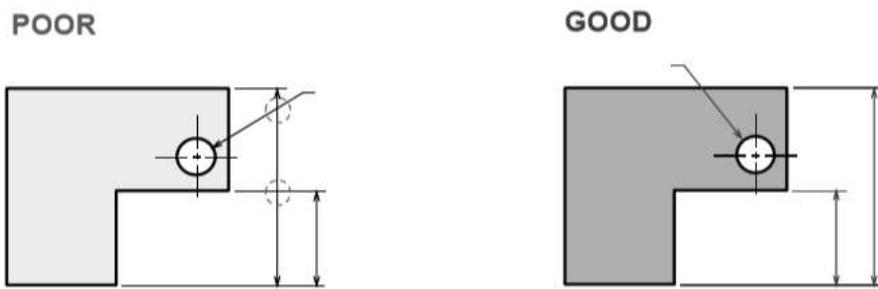
- การบอกร่องรอย Chamfer หรือแหนวยานบอกร่องรอยที่เกิดขึ้นบริเวณขอบของวัตถุที่มีลักษณะเหมือนการลบมุมนั้น โดยข้อมูลที่ต้องใช้ในการบอกร่องรอยของ Chamfer นี้จะประกอบด้วยมุมและระยะที่จะทำ Chamfer ดังแสดงในรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 ทรงกระบอกที่มี Chamfer (จิรพงศ์ กสิริพิทย์คำนวย, 2550)

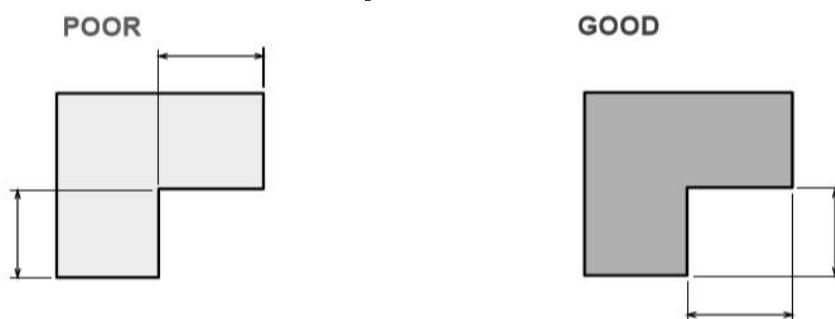
3.1.5 ข้อแนะนำในการวางแผนตำแหน่งของการบอกร่องรอยของมิติ

- ไม่ควรลากเส้นกำหนดขนาด (Extension line) หรือเส้นนำทาง (Leader line) ตัดเส้นบอกร่องรอย (Dimension line) ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 การวางแผนตำแหน่งเส้นกำหนดขนาด เส้นนำทาง และเส้นบอกร่องรอย (จิรพงศ์ กสิริพิทย์คำนวย, 2550)

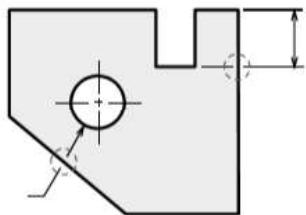
- ควรลากเส้นกำหนดขนาด (Extension line) ออกจากจุดที่ใกล้ที่สุดที่ต้องการบอกร่องรอยดัง ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.25



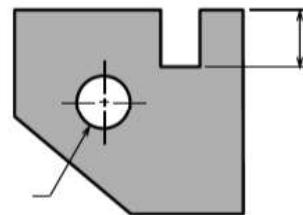
รูปที่ 3.25 การลากเส้นกำหนดขนาดออกจากจุดที่ใกล้ที่สุด (จิรพงศ์ กสิริพิทย์คำนวย, 2550)

- ถ้าบวิเตณที่ต้องการบอกขนาดอยู่ภายในรูปแล้วเส้นกำหนดขนาด (Extension line) หรือเส้นนำทาง (Leader line) จะต้องลากออกจากจุดที่อยู่ในรูปนั้น และให้ลากเส้นผ่านเส้นโครงรูปватถุโดยไม่ต้องเว้นช่องว่าง ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.26

WRONG



CORRECT

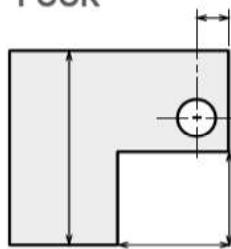


รูปที่ 3.26 การลากเส้นกำหนดขนาด (Extension line) หรือเส้นนำทาง (Leader line)

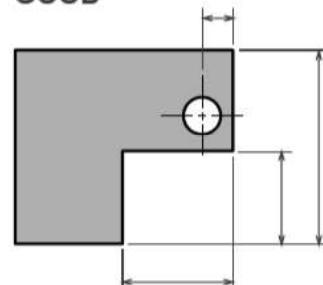
ผ่านเส้นโครงรูปватถุ (จิรพงศ์ กสิริพิทย์คำนวย, 2550)

- ห้ามใช้เส้นรูปเส้นศูนย์กลาง (Center line) หรือเส้นบอกขนาด (Dimension line) แทนเส้นกำหนดขนาด (Extension line) โดยทุกครั้งที่ต้องการบอกขนาดต้องลากเส้นกำหนดขนาดเสมอ ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.27

POOR



GOOD

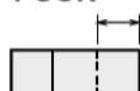


รูปที่ 3.27 ห้ามใช้เส้นรูปเส้นศูนย์กลางหรือเส้นบอกขนาดแทนเส้นกำหนดขนาด

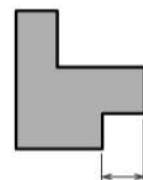
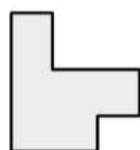
(จิรพงศ์ กสิริพิทย์คำนวย, 2550)

- หลีกเลี่ยงการบอกขนาดกับเส้นประ ดังแสดงในรูปที่ 3.28

POOR



GOOD

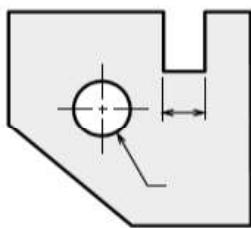


รูปที่ 3.28 การหลีกเลี่ยงการบอกขนาดกับเส้นประ (จิรพงศ์ กสิริพิทย์คำนวย, 2550)

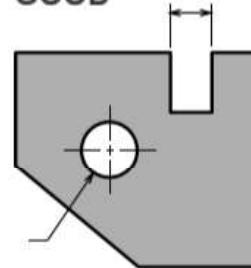
- ควรวางแผนข้อมูลที่ต้องการบนขนาดได้แน่นอนก្នុងวัตถุ นอกจากราชการวางแผนข้อมูลนั้นในรูปจะทำให้ข้อมูลที่ชัดเจนกว่าหรือสามารถอ่านข้อมูลได้ง่ายกว่า ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่

3.29

POOR



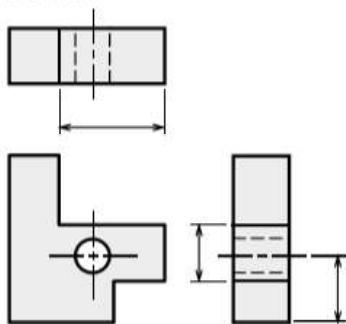
GOOD



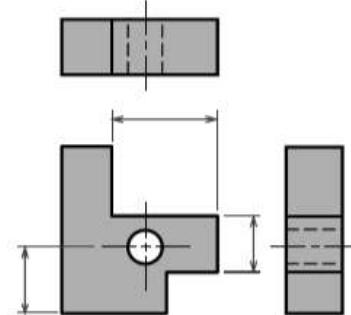
รูปที่ 3.29 การบอกรขนาดได้แน่นอนก្នុងวัตถุ (จิราพงศ์ กสิริพิทย์อำนวย, 2550)

- ควรจัดการลงขนาดให้อยู่รวมกันเป็นกลุ่มให้ได้มากที่สุด ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.30

POOR



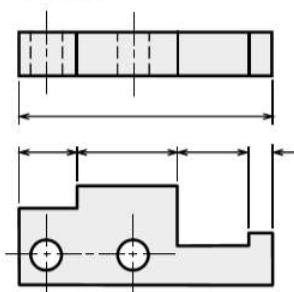
GOOD



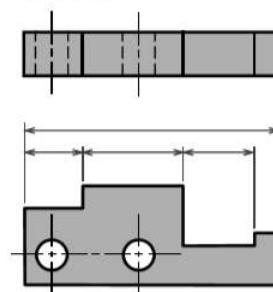
รูปที่ 3.30 การจัดการลงขนาด (จิราพงศ์ กสิริพิทย์อำนวย, 2550)

- อย่างลงขนาดซ้ำซ้อน เช่น ถ้าบอกรขนาดความกว้างของวัตถุในด้านหนึ่งแล้วไม่ต้องบอกรขนาดความกว้างนั้นซ้ำในภาพอีกด้าน ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3.31

POOR



GOOD



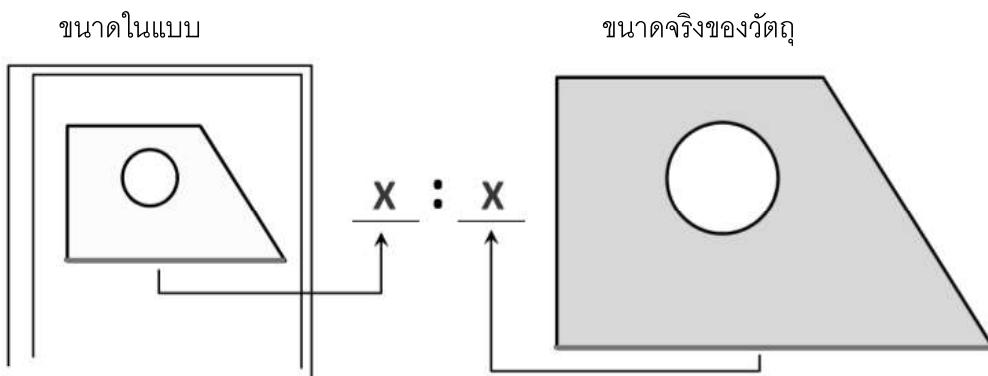
รูปที่ 3.31 การบอกรขนาดไม่ซ้ำซ้อน (จิราพงศ์ กสิริพิทย์อำนวย, 2550)

3.2 มาตราส่วน (Scale)

ในทางปฏิบัติเป็นไปไม่ได้ที่จะเขียนแบบวัตถุให้มีขนาดตามจริงเสมอไป หากขนาดเชิงเส้นที่แท้จริงของวัตถุแสดงในรูปภาคเท่ากับขนาดจริง จะเป็นสิ่งที่พึงประนานอย่างยิ่งในการทำงานภาค แต่บางครั้งวัตถุนั้นมีขนาดใหญ่เกินไปและไม่สามารถเขียนลงกระดาษเชิงเส้นแบบ จึงต้องย่อหรือหากชิ้นงานเล็กๆ ที่ต้องขยาย ดังนั้น การใช้มาตราส่วนจึงมีความสำคัญอย่างมากผู้เขียนแบบต้องคำนึงถึงสัดส่วนของชิ้นงานที่เขียนลงในแบบว่ามีความเหมาะสมสมกับกระดาษหรือไม่

3.2.1 ความหมายของมาตราส่วน

มาตราส่วน (Scale) ของการเขียนแบบ คือ สัดส่วนของขนาดวัตถุที่วาดลงบนกระดาษกับขนาดของวัตถุจริง โดยการเขียนข้อความเพื่อแสดงมาตราส่วนของการวาดรูปนั้นจะเริ่มจากการเขียนข้อความ “SCALE” จากนั้นตามด้วยตัวเลขเพื่อแสดงขนาดของวัตถุที่วาดบนกระดาษต่อด้วยเครื่องหมาย : และตามด้วยตัวเลขเพื่อแสดงขนาดของวัตถุจริง ดังแสดงในรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 ความหมายของมาตราส่วน (จิพงศ์ กสิริทัย อำนวย, 2550)

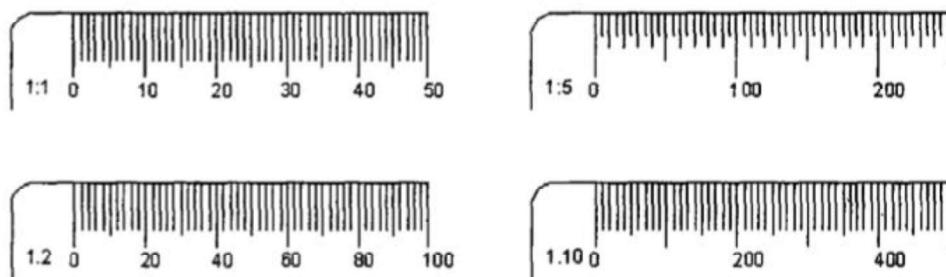
3.2.2 ประเภทของมาตราส่วน

ประเภทของมาตราส่วนที่ใช้โดยทั่วไปสำหรับงานเขียนแบบวิศวกรรม แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.2 มาตราส่วนที่ใช้โดยทั่วไปสำหรับงานเขียนแบบวิศวกรรม

มาตราส่วนย่อ (Reducing scales)	1 : 2 1 : 20 1 : 200 1 : 2000	1 : 5 1 : 50 1 : 500 1 : 5000	1 : 10 1 : 100 1 : 1000 1 : 10000
มาตราส่วนขยาย (Enlarging scales)	50 : 1 5 : 1	20 : 1 2 : 1	10 : 1
มาตราส่วนขนาดเต็ม (Full size scales)			1 : 1

ส่วนจะแสดงบนตัวไม้บรรทัด ประกอบด้วยคำว่าสเกลตามด้วยอัตราส่วน เช่น Scale 1: 1 หรือมาตราส่วนขนาดเต็ม (Full size scales) เมื่อวดภาพภาคมีขนาดเล็กกว่าขนาดที่แท้จริงของวัตถุ (เช่น ในกรณีของอาคาร สะพาน เครื่องจักรขนาดใหญ่ ๆ ฯลฯ) มาตราส่วนที่ใช้จะเรียกว่าเป็นมาตราส่วนย่อ(เช่น 1: 5) ในขณะที่ภาพภาคของรูปส่วนเครื่องจักรขนาดเล็ก เครื่องมือ นาฬิกา และอื่น ๆ นั้นมีขนาดใหญ่กว่าขนาดจริง เรียกว่ามาตราส่วนขยาย (เช่น 5: 1)



รูปที่ 3.33 ตัวอย่างมาตราส่วน (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

มาตราส่วนสามารถแสดงได้ 3 วิธีดังต่อไปนี้

- Engineering scale (มาตราส่วนวิศวกรรม) ในกรณีความสัมพันธ์ระหว่างมิติในการวัดและมิติที่แท้จริงของวัตถุนั้นถูกกล่าวถึงเป็นตัวเลข เช่น 10 มม. = 5 ม. เป็นต้น
- Graphic scale (มาตราส่วนกราฟิก) มาตราส่วนที่ใช้แสดงแบบถูกใช้เมื่อมาตราส่วนวิศวกรรมไม่ถูกต้องเนื่องจากรายละเอียดของแบบในกระดาษ ซึ่งกรณีดังกล่าวไม่มีผลกับมาตราส่วนกราฟิกเพราหากแบบย่อขนาดลง มาตราส่วนกราฟิกจะลดขนาดลงเช่นกัน โดยมาตราส่วนแบบกราฟิกมักใช้ในแผนที่สำรวจ
- Representative fraction (R.F.) (เศษส่วนตัวแทน) คือ อัตราส่วนของความยาวของวัตถุที่แสดงในแบบกับความยาวที่แท้จริงของวัตถุที่นำเสนอ ดังสมการที่ 3.1

R.F. = ความยาวของวัตถุในแบบ (Length of the drawing)

(3.1)

ความยาวจริงของวัตถุ (Actual length of object)

ตัวอย่างเช่น เมื่อ ความยาวของเส้น 1 ซม. ในแบบถูกใช้แทนความยาว 1 ม. ของวัตถุ

จริง ค่า R.F = 1 cm/1 m. = 1/100 และมาตราส่วนในแบบเขียนเป็น 1 : 100

3.3 ค่าพิกัดความเม่อ (Tolerance)

สำหรับชิ้นงานที่ต้องมีการประกอบเข้าด้วยกันนั้น ขนาดและรูปร่างของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นมีความสำคัญต่อการใช้งานร่วมกัน แต่เนื่องจากการผลิตชิ้นงานจำนวนมากกันนั้น ไม่สามารถผลิตชิ้นงานให้ได้ตรงพอดีกันได้ทั้งหมดค่าที่ต้องการได้ ดังนั้นจะต้องมีการเพื่อของขนาดและรูปร่างที่ยอมรับได้จากการผลิต เช่น ขนาดไม่ต่างกว่าเท่าใด และไม่มากกว่าเท่าใด ความแตกต่างระหว่างขนาดใหญ่และต่ำสุดนี้เรารู้ว่า ค่าพิกัดความเม่อ (Tolerance) การให้ค่าพิกัดความเม่อเท่าที่จำเป็นเท่านั้น และให้ค่าความเม่อให้มากที่สุด เท่าที่จะไม่รบกวนการใช้งาน

การกำหนดพิกัดความเม่อ 2 ประเภท คือพิกัดของขนาด และ พิกัดของรูปร่างค่าพิกัดความเม่อนั้น ใช้กันมากที่สุดสำหรับชิ้นงานที่ต้องสวมเข้าด้วยกัน เช่น เพลา (shaft) และ รูเพลา (hole) ค่าความเม่อนั้นจะขึ้นกับการใช้งานของชิ้นงานที่มีเพลาและรูเพลานี้เราอาจต้องการให้เพลามุนอยู่ในรูเพลาได้โดยสะดวก เช่น ถ้าการหมุนไม่มีการสั่นสะเทือนที่ทำให้จุดสมผัสระหว่างเพลาและรูเพลาเกิดการกระแทก ก็อาจให้มีช่องว่างมาก แต่สำหรับเครื่องจักรที่มีการสะเทือนมากก็ต้องมีช่องว่างน้อยเพื่อลดการกระแทก หรือในประกอบอาจต้องการให้เพลายืดติดกับรูเพลา เราจึงต้องกำหนดให้เพลาใหญ่กว่ารูเพลา เมื่อสวมเพลาเข้ากับรูเพลาโดยการสวมอัดก็จะทำให้เพลายืดติดแน่นกับรูเพลา

3.3.1 ค่าต่างๆ ของพิกัดความเม่อ

ตัวอย่างสัญลักษณ์ค่าพิกัดความเม่อ เช่น

N	หมายถึง	ขนาดที่กำหนด
Ut	หมายถึง	พิกัดความเม่อบน
Lt	หมายถึง	ค่าพิกัดความเม่อล่าง
Max.	หมายถึง	ขนาดโตสุดของงานที่ยอมให้ใช้
Min.	หมายถึง	ขนาดเล็กสุดของงานที่ยอมให้ใช้
T	หมายถึง	ขนาดความเม่อทั้งหมดที่ยอมให้ใช้ในงานนี้

ตัวอย่างการให้ความหมายของพิกัดความเพื่อขนาด เช่น กำหนดขนาดที่กำหนด (N) = 50 มม. ค่าความพิกัดความเพื่อบน(U_t) = +0.05 มม. และค่าพิกัดความเพื่อล่าง(L_t) = -0.03 มม. ดังนั้น

ขนาดโตสุดที่ยอมให้ใช้งานได้(Max.) = $50+0.05 = 50.05$ มม.

ขนาดเล็กสุดที่ยอมให้ใช้งานได้(Min.) = $50-0.03 = 49.97$ มม.

พิกัดความเพื่อที่ยอมให้ผลิตผลิตได้(T) = $0.05+0.03 = 0.08$ มม.

3.3.2 การเขียนสัญลักษณ์กำหนดค่าพิกัดความเพื่อ

การกำหนดขนาดพิกัดความเพื่อจะเขียนไว้ด้านหลังของตัวเลขกำหนดขนาด โดยจะเขียนตัวเล็กกว่าตัวเลขขนาด ค่าพิกัดความเพื่อบน จะเขียนมีเครื่องหมาย (+) นำหน้า เขียนอยู่ตำแหน่งหนึ่งหนึ่งตัวเลขกำหนดขนาด ส่วนค่าพิกัดความเพื่อล่างจะเขียนเครื่องหมาย (-) นำหน้า เขียนตำแหน่งด้านล่างค่าพิกัดความเพื่อที่มีค่าเท่ากันให้เขียนตัวเดียวและใส่เครื่องหมาย(\pm) นำหน้าตัวเลขพิกัดความเพื่อ

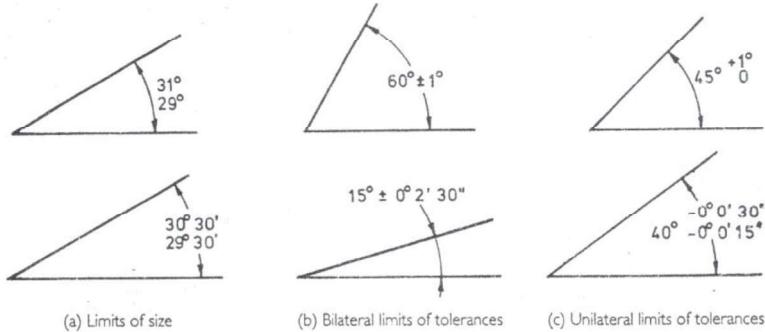
ตัวอย่างการกำหนดขนาดความเพื่อบนแบบริ้นงานโดยทั่วไป ถ้าต้องการให้ความเพื่อสำหรับขนาดทุกขนาดบนแบบ อาจเลือกใช้ค่าจากรูปที่ 3.34 สำหรับค่าความเพื่อของค่ามุม สามารถให้ขนาดบนแบบ ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.35

Tolerance except where otherwise stated ± 0.125
Tolerances except where otherwise stated on dimensions
Up to 75 ± 0.075
Over 75 up to 100 ± 0.125
Over 100 up to 200 ± 0.25
On angles $\pm 1^\circ$

Tolerance on cast thicknesses $\pm 15\%$
--

Tolerance unless otherwise stated
$X \pm 0.5$
$X.X \pm 0.05$
$X.XX \pm 0.02$
$X.XXX \pm 0.002$

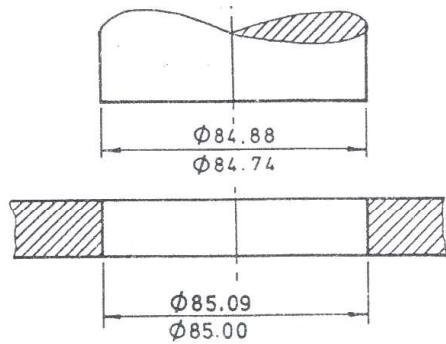
รูปที่ 3.34 การกำหนดค่าเพื่อโดยรวม (A. W. Boundy, 2011)



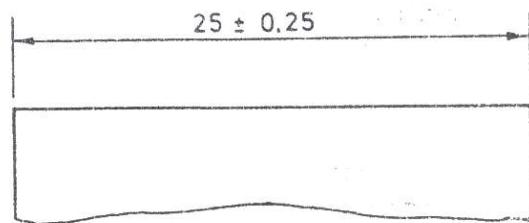
รูปที่ 3.35 การกำหนดค่าความเพื่อของมุมบนแบบ (A. W. Boundy, 2011)

การกำหนดค่าความเพื่อบนแบบทำได้หลากหลายวิธี โดยวิธีที่นิยมมี 3 วิธีดังนี้

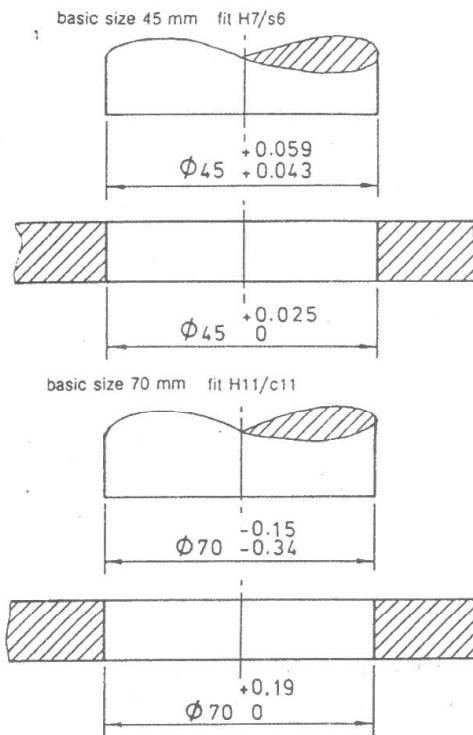
- **วิธีที่ 1 Limits of size** ในกรณีนี้ จะเขียนขนาดต่ำสุดที่ยอมรับได้ใต้เส้นบวกขนาด และค่าสูงสุดเหนือเส้นดังแสดงในรูปที่ 3.36
- **วิธีที่ 2 Bilateral tolerances** สำหรับขนาดที่มีค่าความเพื่อสองข้างที่เท่ากัน นิยมใส่ขนาดตามในรูปที่ 3.37
- **วิธีที่ 3 Unilateral tolerances** สำหรับขนาดที่มีค่าความเพื่อทางเดียว นิยมให้ขนาดตามในรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.36 การกำหนดขนาดโดยใช้ค่าต่ำสุดและสูงสุด (A. W. Boundy, 2011)



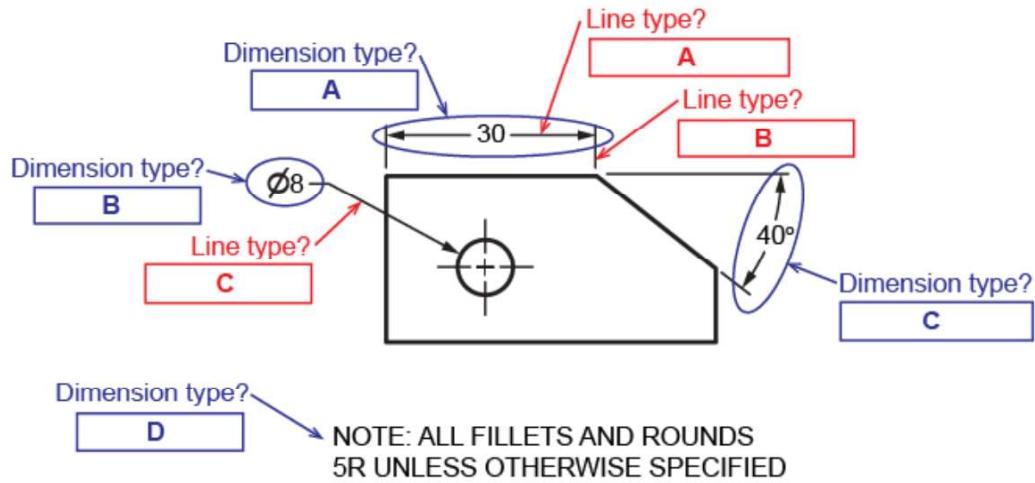
รูปที่ 3.37 การกำหนดขนาดแบบสองทาง (A. W. Boundy, 2011)



รูปที่ 3.38 การกำหนดขนาดแบบทางเดียว (A. W. Boundy, 2011)

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3

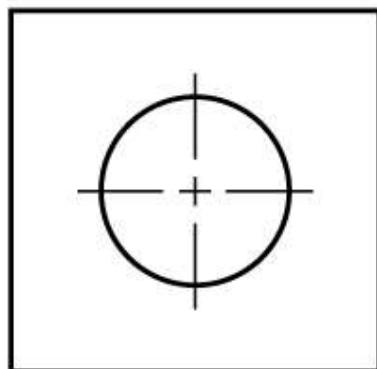
(1) จากรูปดังต่อไปนี้ จงระบุประเภทของการบอกขนาดและเส้นบอกขนาดให้ถูกต้องครบถ้วน



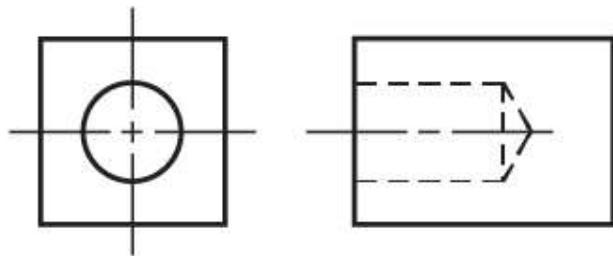
- (a) A :
- (b) B :
- (c) C :
- (d) D :

(2) จากรูปดังต่อไปนี้ จงบอกขนาดของมิติของแต่ละรูปแบบให้ถูกต้องครบถ้วน

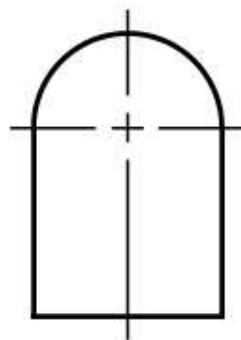
- (a) บอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูเจาะ



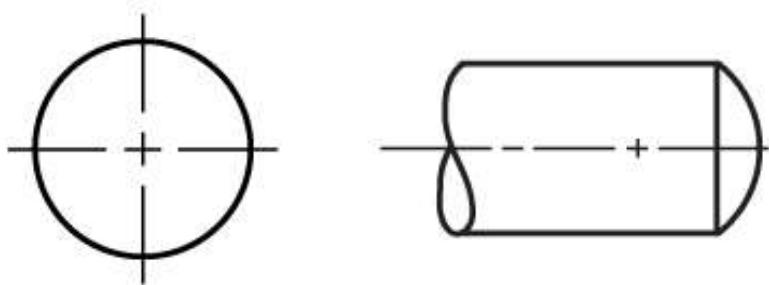
(b) บอกรูปแบบเส้นผ่าศูนย์กลางของรูเจาะ



(c) บอกรูปแบบเส้นผ่าศูนย์กลางรัศมี

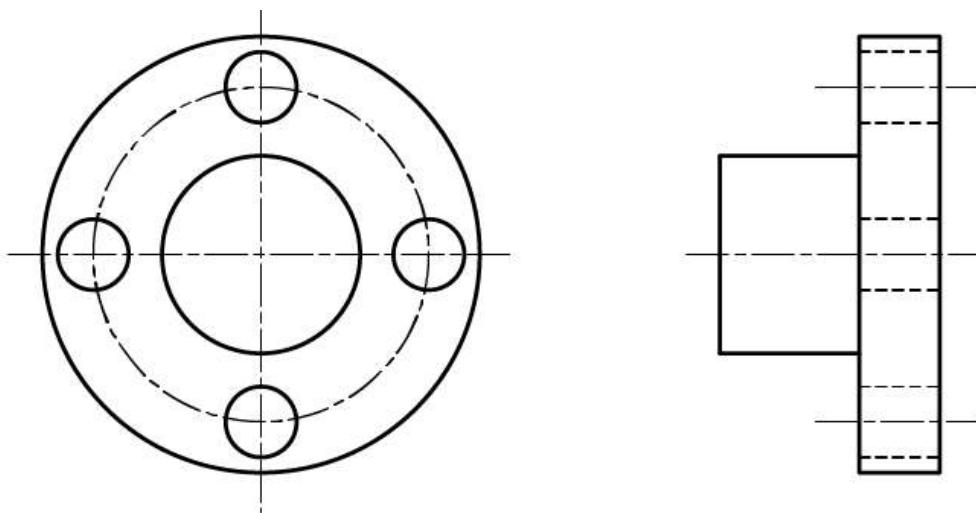


(d) บอกรูปแบบเส้นผ่าศูนย์กลางและรัศมี

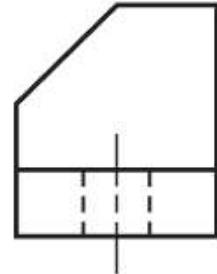
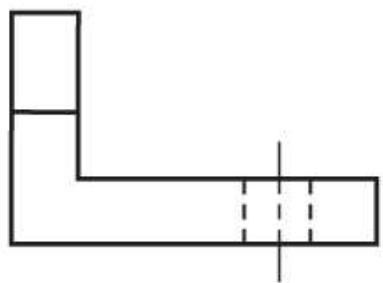
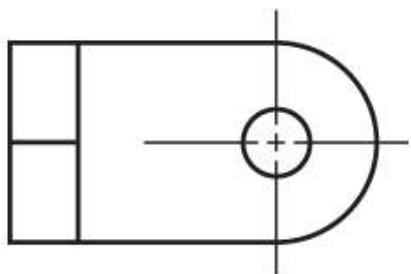


(3) จากภาพชายดังต่อไปนี้ จงบอกขนาดของมิติของแต่ละรูปแบบให้ถูกต้องครบถ้วน

(a)

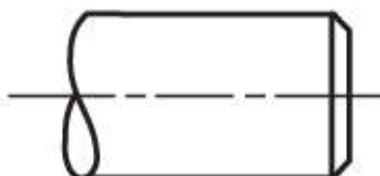
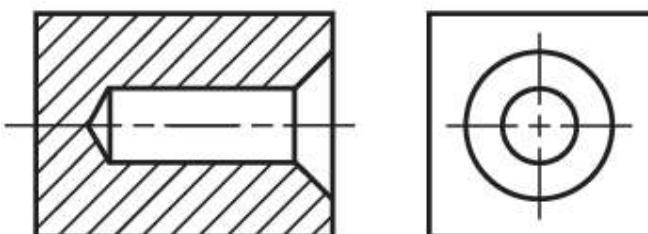
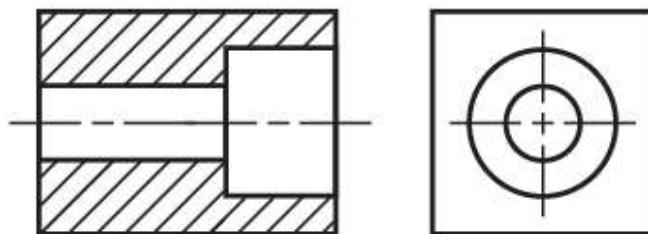


(b)

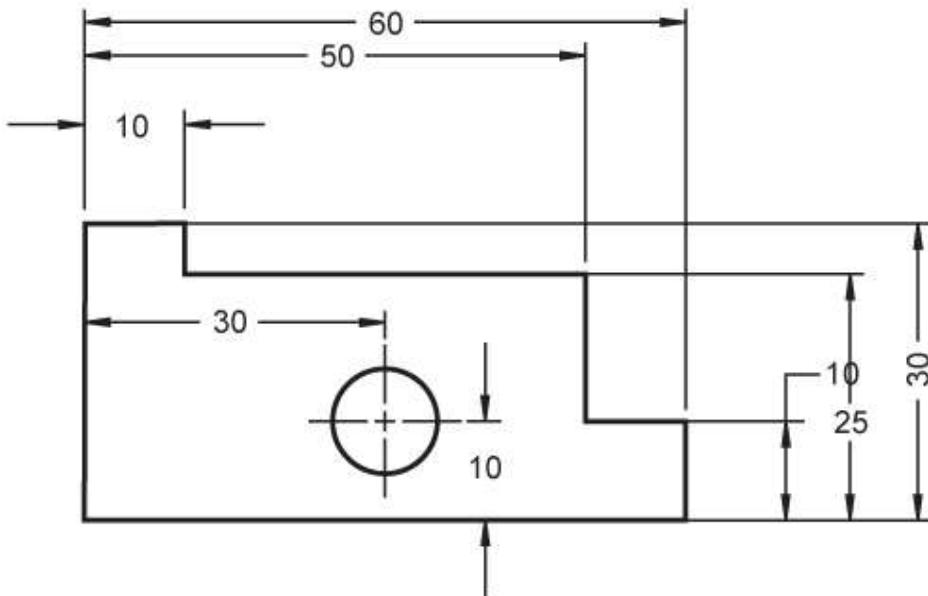


(4) จงบอกขนาดของมิติในรูป จากข้อมูลที่กำหนดให้ดังนี้

- Drill = 10 mm
- Counterbore drill and max. countersink dia. = 20 mm
- Countersink angle = 90°
- Counterbore depth = 12 mm
- Blind hole depth = 25 mm
- Chamfer size = 2 mm และ angle is 45°

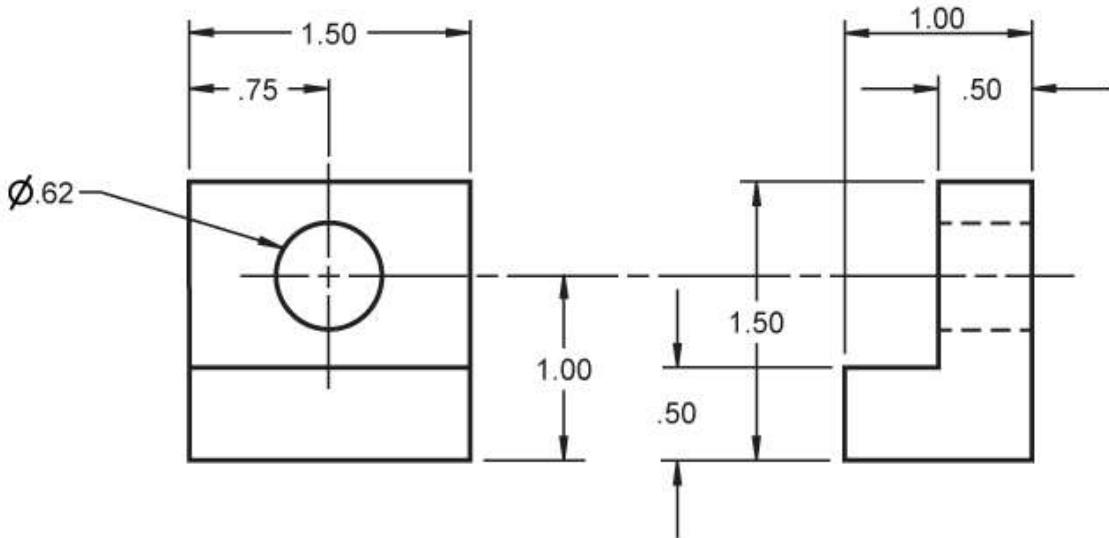


- (5) พิจารณาการบอกขนาดของมิติที่ไม่ถูกต้องดังรูป จงระบุตำแหน่งและอธิบายความผิดพลาด
ของแต่ละตำแหน่ง (5 ตำแหน่ง) พร้อมวิธีการแก้ไขให้ถูกต้อง



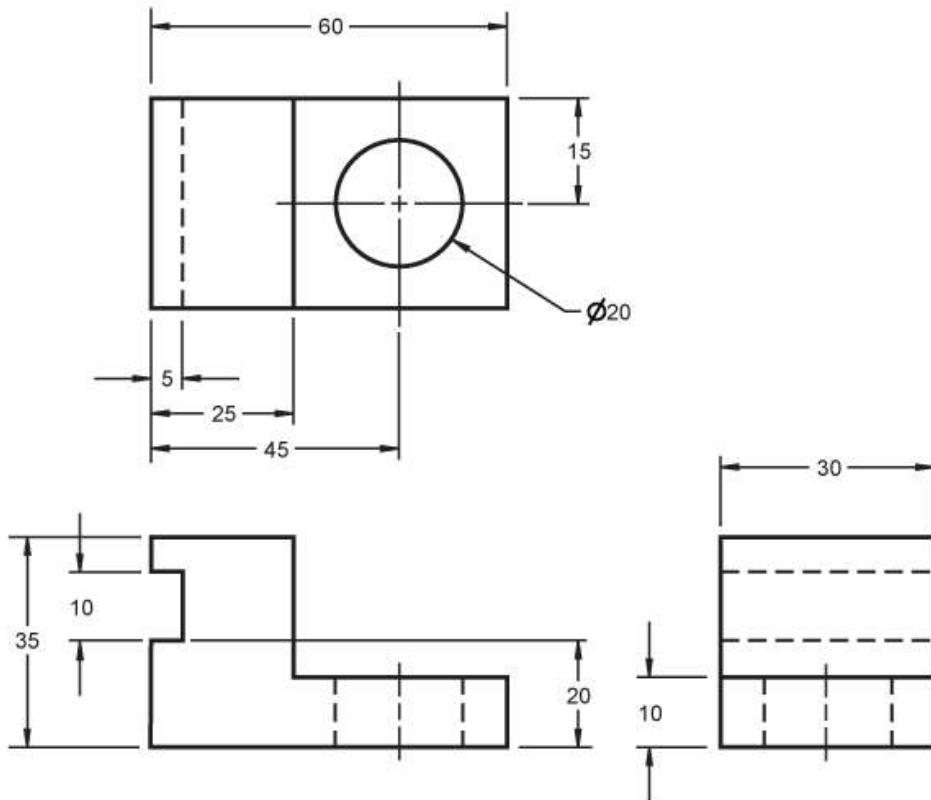
- (a) ตำแหน่งที่ 1 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....
- (b) ตำแหน่งที่ 2 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....
- (c) ตำแหน่งที่ 3 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....
- (d) ตำแหน่งที่ 4 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....
- (e) ตำแหน่งที่ 5 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....

(6) พิจารณาการบอกรนาดของมิติที่ไม่ถูกต้องดังรูป จงระบุตำแหน่งและอธิบายความผิดพลาด
ของแต่ละตำแหน่ง (4 ตำแหน่ง) พร้อมวิธีการแก้ไขให้ถูกต้อง



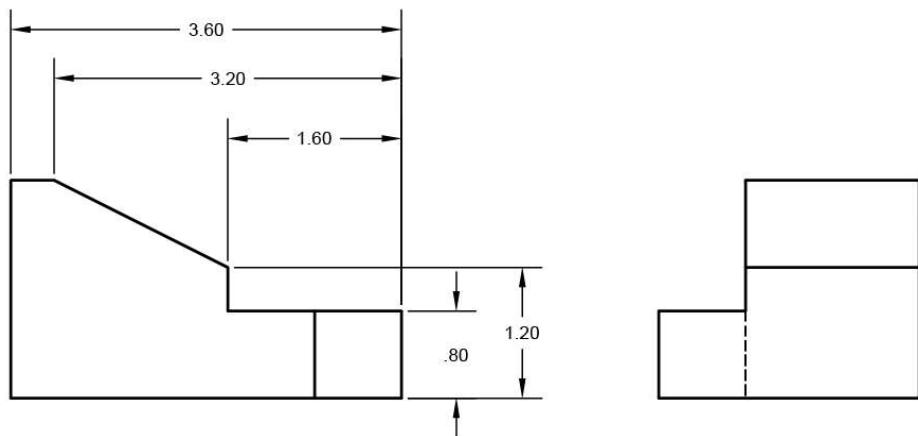
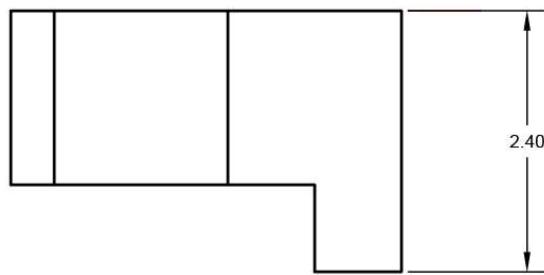
- (a) ตำแหน่งที่ 1 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....
- (b) ตำแหน่งที่ 2 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....
- (c) ตำแหน่งที่ 3 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....
- (d) ตำแหน่งที่ 4 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....

- (7) พิจารณาการขอกขนาดของมิติที่ไม่ถูกต้องดังรูป จงระบุตำแหน่งและอธิบายความผิดพลาด
ของแต่ละตำแหน่ง (6 ตำแหน่ง) พร้อมวิธีการแก้ไขให้ถูกต้อง

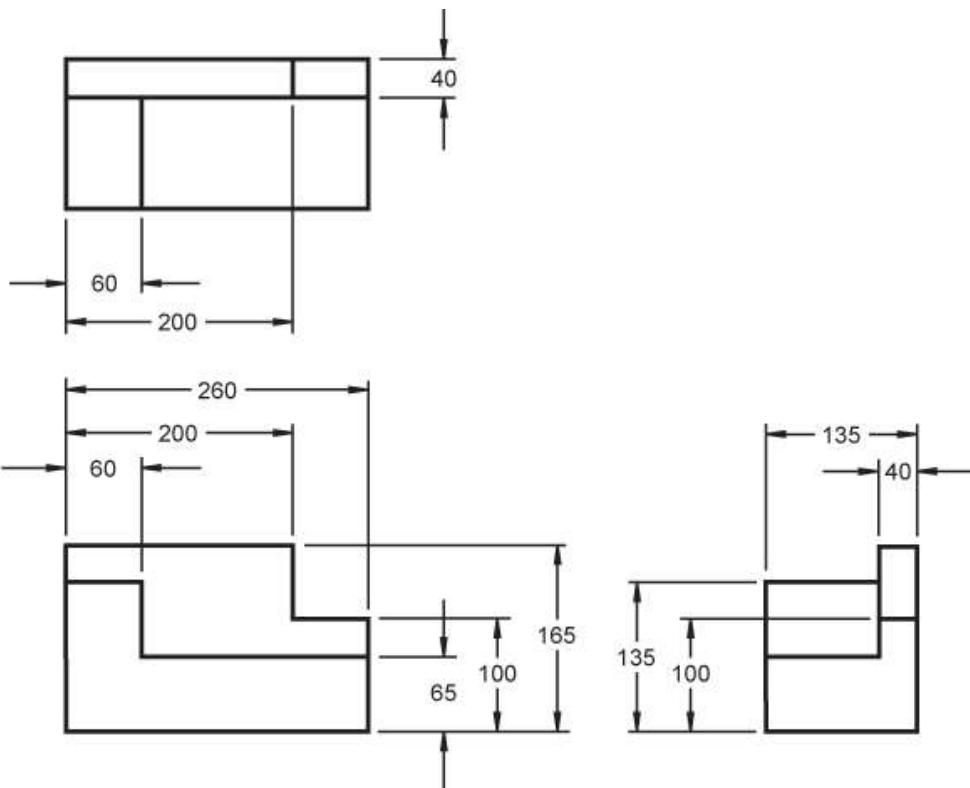


- (a) ตำแหน่งที่ 1 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....
- (b) ตำแหน่งที่ 2 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....
- (c) ตำแหน่งที่ 3 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....
- (d) ตำแหน่งที่ 4 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....
- (e) ตำแหน่งที่ 5 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....
- (f) ตำแหน่งที่ 6 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....

(8) จงเพิ่มเติมการบอกขนาดของมิติที่ขาดหายไปให้ถูกต้องและครบถ้วน



(9) จากรูปจงระบุการบอกขนาดของมิติที่มีความซ้ำซ้อนและเกินความจำเป็น



บทที่ 4

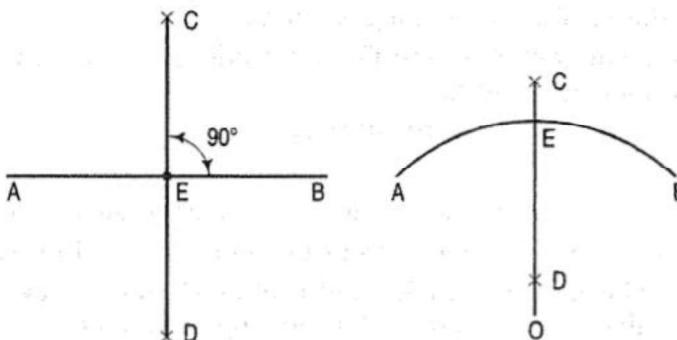
การเขียนภาพเรขาคณิตประยุกต์

ในงานเขียนแบบส่วนใหญ่ล้วนมีพื้นฐานการออกแบบจากรูปทรงเรขาคณิตทั้งสิ้น ซึ่งเป็นการนำเอารูปร่างสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม วงกลม วงรี และส่วนโค้ง มาประยุกต์ใช้ในงานออกแบบ จึงถือได้ว่ารูปทรงเรขาคณิตมีความสำคัญต่องานเขียนแบบเป็นอย่างมาก

4.1 เส้น (Line) และมุม (Angle)

4.1.1 การแบ่งครึ่งเส้น (Bisection a line)

- (1) กำหนดให้ AB เป็นเส้นที่กำหนด ด้วยจุดศูนย์กลาง A และรัศมีมากกว่าครึ่ง AB วาดส่วนโค้งทั้งสองด้านของ AB
- (2) ด้วยจุดศูนย์กลาง B และรัศมีเดียวกันให้ลากส่วนโค้งที่ตัดกันส่วนโค้งก่อนหน้าที่ C และ D
- (3) วาดเส้นตรง C และ D และตัด AB ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การแบ่งครึ่งเส้น (Bisection a line) (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

4.1.2 การเขียนเส้นตั้งฉาก (Draw perpendiculars)

วิธีที่ 1

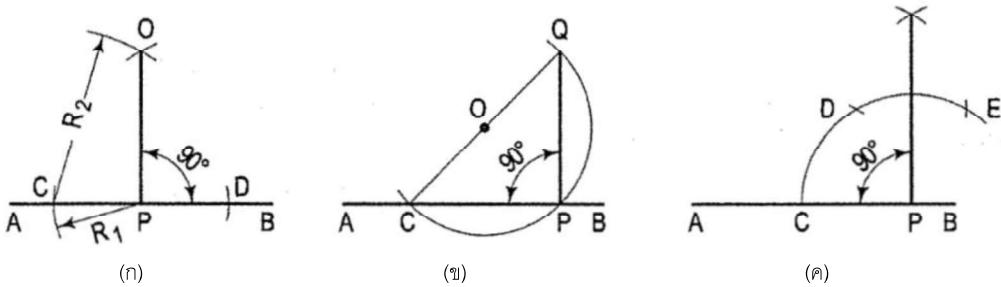
- (1) กำหนดให้ AB เป็นเส้นที่กำหนดและ P เป็นจุดในเส้นนั้น
- (2) ด้วยรัศมีที่สะดวก R1 วาดตัดส่วนโค้ง AB ที่ C และ D
- (3) ด้วยรัศมี R2 ใดๆ ที่มีรัศมีมากกว่า R1 จากจุดศูนย์กลาง C และ D วาดส่วนโค้งตัดกันที่ O
- (4) วาดเส้นตรง PO จากนั้น PO เป็นเส้นตั้งฉากที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.2(ก)

วิธีที่ 2

- (1) กำหนดให้ AB เป็นเส้นที่กำหนดและ P เป็นจุดในเส้นนั้น
- (2) ด้วยจุดใดๆ O เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ OP วาดส่วนโค้งที่มากกว่าครึ่งวงกลม ตัด AB ที่ C
- (3) วาดเส้นตรง CO เพื่อตัดส่วนโค้งที่ Q
- (4) วาดเส้นตรง PQ จากนั้น PQ เป็นเส้นตั้งฉากที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.2(ข)

วิธีที่ 3

- (1) กำหนดให้ P เป็นศูนย์กลางและรัศมีที่สะดวกใดๆ ให้วาดส่วนโค้งตัด AB ที่ C
- (2) ด้วยการตัดรัศมีเดียวกัน (จากส่วนโค้ง) สองส่วนเท่ากันกับ CD และ DE
- (3) ด้วยรัศมีเดียวกันและกึ่งกลาง D และ E วาดส่วนโค้งที่ตัดกันที่ Q
- (4) วาดเส้นตรง PQ จากนั้น PQ เป็นเส้นตั้งฉากที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.2(ค)



รูปที่ 4.2 เขียนเส้นตั้งฉาก (draw perpendiculars) (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

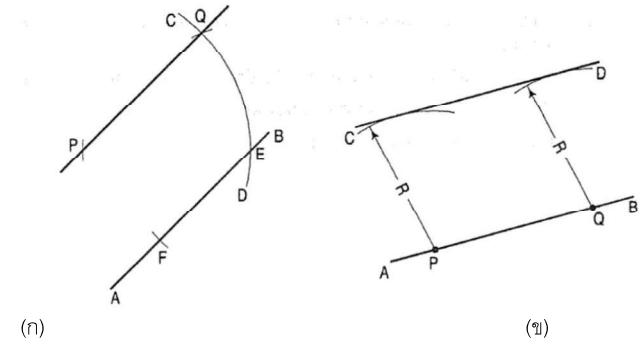
4.1.3 การเขียนเส้นขนาน (Draw parallel line)

วิธีที่ 1

- (1) กำหนดให้ AB เป็นเส้นที่กำหนดและ P เป็นจุดที่ต้องการทำเส้นขนาน
- (2) ด้วยจุดศูนย์กลาง P และรัศมีที่สะดวกให้วาดส่วนโค้ง CO ตัด AB ที่ E
- (3) ด้วยจุดศูนย์กลาง E และรัศมีเดียวกันให้วาดการตัดส่วนโค้ง AB ที่ F
- (4) ด้วยจุดศูนย์กลาง E และรัศมีเท่ากับ FP วาดส่วนโค้งเพื่อตัด CO ที่ Q
- (5) วาดเส้นตรงผ่าน P และ Q เป็นเส้นที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.3(ก)

วิธีที่ 2

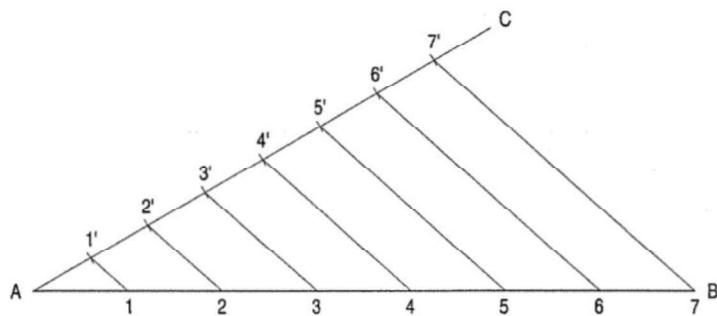
- (1) กำหนดให้ AB เป็นเส้นที่กำหนดและรัศมีตามระยะทางที่กำหนด
- (2) ทำเครื่องหมายที่จุด P และ Q ใน AB ห่างกันเท่าที่สะดวก
- (3) ด้วย P และ Q เป็นศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ R วาดส่วนโค้งที่ด้านเดียวกันของ AB
- (4) ลากเส้น CO สม่ำเสมอเส้นโค้งทั้งสอง ดังแสดงในรูปที่ 4.3(ข)



รูปที่ 4.3 เขียนเส้นตั้งฉาก (draw perpendiculars) (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

4.1.4 การแบ่งเส้น (Divide a line)

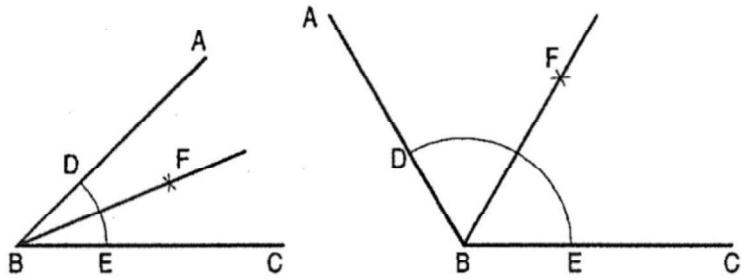
- (1) กำหนดให้ AB เป็นเส้นที่กำหนดเพื่อแบ่งออกเป็นส่วนเท่า ๆ กัน
- (2) ลากเส้น AB ตามความยาวที่กำหนด
- (3) วาดเส้นตรง AC ทำมุมน้อยกว่า 30° กับเส้น AB
- (4) ด้วยเครื่องหมายแบ่งส่วนเท่ากันของความยาวที่เหมาะสมได ๆ ในบริเวณ AC และทำเครื่องหมายที่จุด 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ตามที่ปรากฏ
- (5) ลากเส้นจุดสุดท้ายกับจุด B ของเส้น AB
- (6) ลากเส้นคู่ขนานตัดเส้น AB จากจุดอื่น ๆ ตามลำดับ จะได้เส้น AB ที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วนเท่า ๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การแบ่งเส้น (Divide a line) (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

4.1.5 การแบ่งครึ่งมุม (Bisect an angle)

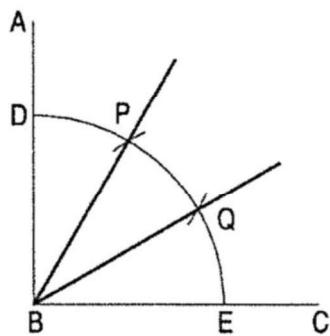
- (1) กำหนดให้ B เป็นศูนย์กลางและรัศมีใด ๆ วาดส่วนตัด AB ที่ D และ BC ที่ E
- (2) ด้วยศูนย์กลาง D และ E และรัศมีเดียวกันหรือรัศมีใด ๆ ที่สะดวกวาดส่วนโค้งตัดกันที่ F ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แบ่งครึ่งมุม (Bisect an angle) (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

4.1.6 การแบ่งมุมสามส่วน (Trisect an angle)

- (1) ด้วยจุดศูนย์กลาง B และรัศมีใด ๆ วาดเส้นตัดเส้นตรง AB ที่ D และเส้นตรง BC ที่ E
- (2) ด้วยรัศมีเดียวกัน ที่จุดศูนย์กลาง D และ E วาดส่วนโค้งตัดส่วนโค้ง DE ที่จุด Q และ P
- (3) วาดเส้นตรง BP และ BQ แบ่งมุม ABC ที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.7

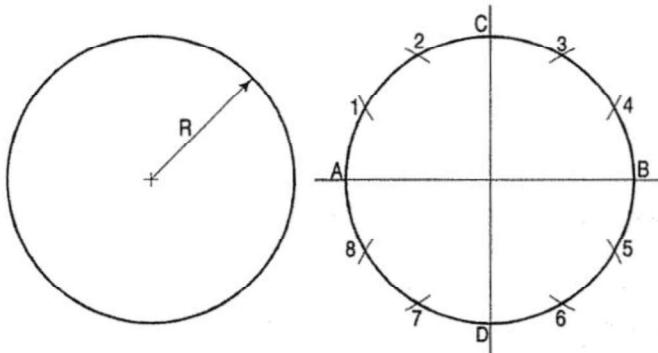


รูปที่ 4.7 แบ่งมุมสามส่วน (Bisect an angle) (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

4.2 วงกลม (Circle) และเส้นโค้ง (Arc)

4.2.1 การสร้างวงกลม

- (1) ต้องการแบ่งวงกลมออกเป็น 12 ส่วนเท่า ๆ กันตามเส้นรอบวงกำหนดรัศมีของ R
- (2) วาดเส้นตัด AB และ CD ที่มุ่งจากซึ่งกันและกันตัดวงกลมที่ A, B และ C, D
- (3) ด้วยจุดศูนย์กลาง A และรัศมีเท่ากับรัศมีที่กำหนดให้วาดส่วนโค้งตัดวงกลมที่ 2 และ 7
- (4) ในทำนองเดียวกันให้ B เป็นศูนย์กลางและด้วยรัศมีวงกลมที่กำหนดให้วาดโค้งเพื่อตัดวงกลมที่ 3 และ 6
- (5) ในทำนองเดียวกันจากจุด C และ D เป็นจุดศูนย์กลางและด้วยรัศมีที่กำหนดให้วาดส่วนโค้งเพื่อตัดวงกลมที่ 1, 4 และ 5, 8 ตามลำดับ จะสามารถแบ่งวงกลมที่เป็นส่วนเท่ากันลิบสองส่วน ดังแสดงในรูปที่ 4.5

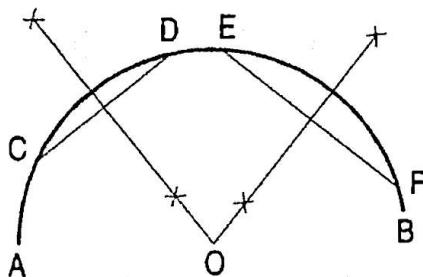


รูปที่ 4.5 แบ่งวงกลม (Divide a circle) (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

4.2.2 หาจุดศูนย์กลางของเส้นโค้ง (Centre of an arc)

วิธีที่ 1

- (1) กำหนดส่วนโค้ง AB วาดเส้นความยาวไดๆ CD และ EF
- (2) วาดเส้นแบ่งครึ่งตั้งจากของ CD และ EF ตัดกันที่จุด O จากนั้นจุด O เป็นศูนย์กลางที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 จุดศูนย์กลางของเส้นโค้ง (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

วิธีที่ 2

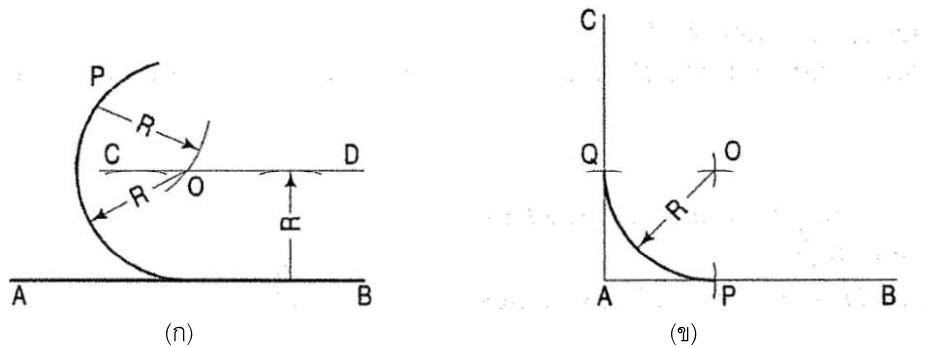
- (1) กำหนดให้ AB เป็นเส้นที่กำหนด P และรัศมี R
- (2) วาดเส้น CD ขนาดกับและที่ระยะทางเท่ากับ R จาก AB
- (3) ด้วย P เป็นศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ R ให้วาดเส้นตัดโค้งที่ O
- (4) ด้วย O เป็นศูนย์ให้วาดส่วนโค้งที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (ก)

วิธีที่ 3

- (1) กำหนดให้ AB และ AC เป็นเส้นที่กำหนดและ R คือรัศมีที่กำหนด
- (2) ด้วยจุดศูนย์กลาง A และรัศมีเท่ากับ R วาดส่วนโค้ง AB ที่ P และ AC ที่ Q
- (3) ด้วย P และ Q เป็นศูนย์กลางและรัศมีเดียวกันวาดส่วนโค้งที่ตัดกันที่ O

(4) ด้วยจุด O เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ R วาดส่วนโค้งที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่

4.9 (ข)

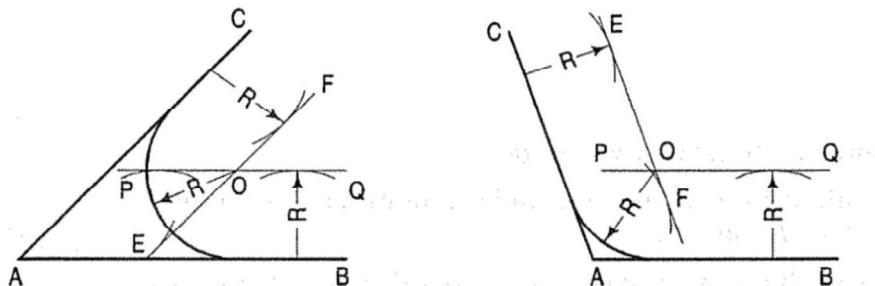


รูปที่ 4.9 จุดศูนย์กลางของเส้นโค้ง วิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

วิธีที่ 4

- (1) กำหนดให้ AB และ AC เป็นเส้นที่กำหนดและ R คือรัศมีที่กำหนด
- (2) วาดเส้น PQ ขนานกับ AB และที่ระยะทางเท่ากับรัศมี R จาก AB
- (3) ในทำนองเดียวกันวาดเส้น EF ขนานกับ AC ที่ระยะทางเท่ากับรัศมี R จาก AC ตัดกับ PQ ที่ O
- (5) ด้วยจุด O เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ R ให้วาดส่วนโค้งที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่

4.10

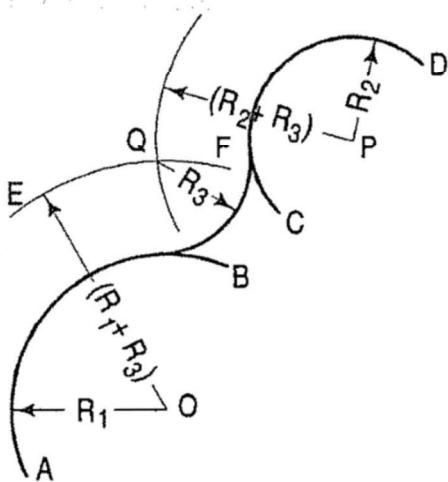


รูปที่ 4.10 จุดศูนย์กลางของเส้นโค้ง วิธีที่ 4 (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

วิธีที่ 5

- (1) กำหนดให้ O เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ $(R_1 + R_3)$ ให้วาดส่วนโค้ง EF
- (2) ด้วยจุด O เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ $(R_2 + R_3)$ ให้วาดส่วนโค้งที่ตัดกัน EF ที่จุด Q
- (3) ด้วยจุด Q เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ R_3 ให้วาดส่วนโค้งที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่

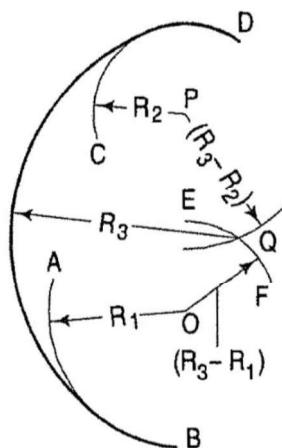
4.11



รูปที่ 4.11 จุดศูนย์กลางของเส้นโค้ง วิธีที่ 5 (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

วิธีที่ 6

- (1) กำหนดให้ O เป็นศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ $(R_3 - R_1)$ วาดส่วนโค้ง EF
- (2) ให้ P เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ $(R_3 - R_2)$ วาดส่วนโค้งที่ตัด EF ที่จุด Q
- (3) ให้ Q เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ R_3 วาดส่วนโค้งที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 จุดศูนย์กลางของเส้นโค้ง วิธีที่ 6 (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

4.3 รูปหลายเหลี่ยม (Polygon)

4.3.1 การสร้างสามเหลี่ยมด้านเท่า (Construct equilateral triangles)

วิธีที่ 1

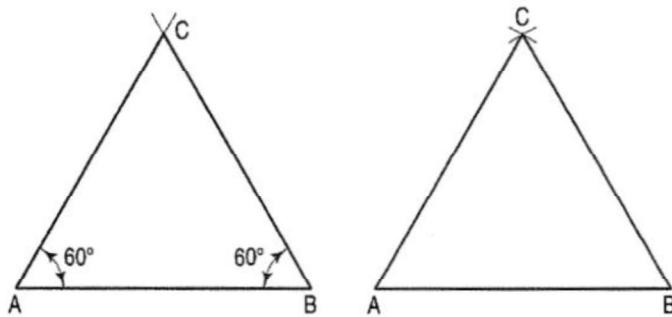
- (1) ด้วยไม้บรรทัดสามเหลี่ยมและไม้ที่ ลากเส้น AB ตามความยาวที่กำหนด

- (2) ด้วยไม้บรรทัดสามเหลี่ยม $30^\circ - 60^\circ$ และไม้ที่ ลากเส้นผ่าน A ทำมุม 60° กับเส้น AB
- (3) ในทำงานเดียวกันผ่าน B ให้วาดเส้นที่ทำมุมเดียวกันกับ AB และตัดเส้นแรกที่ C
- (4) จากนั้น ABC เป็นรูปสามเหลี่ยมที่ต้องการ

วิธีที่ 2

- (1) ตัวยศูนย์กลาง A และ B และรัศมีเท่ากับ AB วาดส่วนโค้งตัววงเวียนตัดกันที่ C
- (2) วาดเส้นตรงร่วมกันที่ C จากนั้น ABC เป็นรูปสามเหลี่ยมที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่

4.13



รูปที่ 4.13 สามเหลี่ยมด้านเท่า (Construct equilateral triangles) (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

4.3.2 การสร้างสี่เหลี่ยมด้านเท่า (Construct squares)

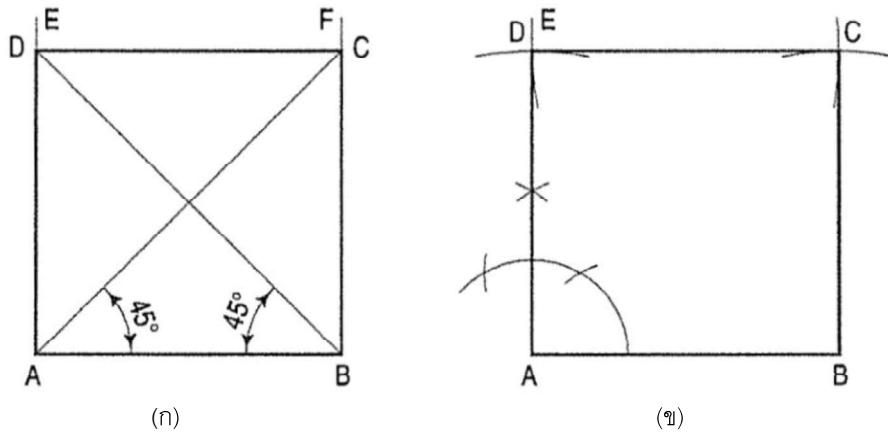
วิธีที่ 1

- (1) ด้วยไม้บรรทัดสามเหลี่ยมและไม้ที่ ลากเส้น AB เท่ากับความยาวที่กำหนด
- (2) ที่จุด A และ B วาดเส้นแนวตั้ง AE และ BF
- (3) จากจุด A วาดเส้นเอียงที่ 45° ถึง AB, ตัด BF ที่ C
- (4) จากจุด B วาดเส้นเอียงที่ 45° ถึง AB, ตัด AE ที่ O
- (5) วาดเส้นเชื่อม C กับ O
- (6) จากนั้น ABCO เป็นตัวร่างที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.14 (ก)

วิธีที่ 2

- (1) ลากเส้น AB เท่ากับความยาวที่กำหนด
- (2) ที่จุด A วาดเส้น AE ตั้งฉากกับ AB
- (3) ตัวยศูนย์กลาง A และรัศมี AB วาดรัศมี AE ที่ D
- (4) ตัวยศูนย์กลาง B และ D และรัศมีเดียวกันวาดส่วนโค้งที่ตัดกันที่ C
- (5) วาดเส้นที่รวม C กับ B และ D จากนั้น ABCD เป็นตัวร่างที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่

4.14 (ข)



รูปที่ 4.14 สี่เหลี่ยมด้านเท่า (Construct squares) (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

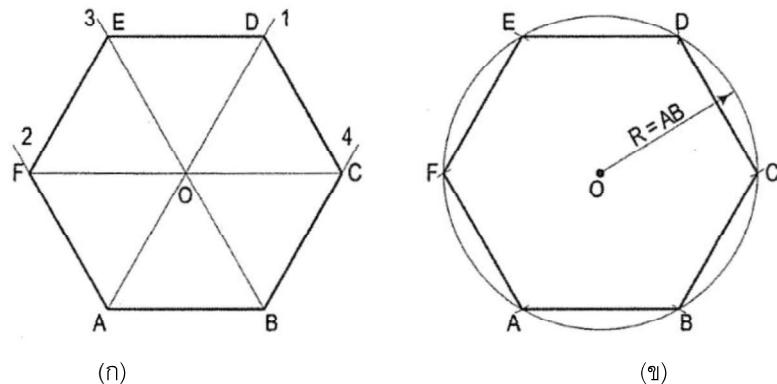
4.3.3 สร้างรูปหกเหลี่ยม

วิธีที่ 1

- (1) ด้วยไม้เท้าและไม้บรรทัดสามเหลี่ยม $30^\circ - 60^\circ$ ลากเส้น AB เท่ากับความยาวที่กำหนด
- (2) จาก A ลากเส้น A1 และ A2 สร้างมุม 60° และ 120° ตามลำดับด้วย AB
- (3) จาก B วาดเส้น B3 และ B4 สร้างมุม 60° และ 120° ตามลำดับด้วย AB
- (4) จาก O ถึงจุดตัดของ A1 และ B3 ให้วาดเส้นขนานกับ AB และตัด A2 ที่ F และ B4 ที่ C
- (5) จาก F ลากเส้นขนานกับ BC และตัดกัน B3 ที่ E
- (6) จาก C วาดเส้นคู่ขนานกับ AF และตัดกัน A1 ที่ D
- (7) วาดเส้นตรงร่วม E และ D จากนั้น ABCDEF คือรูปหกเหลี่ยมที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.15 (ก)

วิธีที่ 2

- (1) เมื่อใช้จุด O เป็นจุดศูนย์กลางให้วาดวงกลมรัศมีเท่ากับความยาวด้านที่กำหนดของรูปหลายเหลี่ยมที่ต้องการ
- (2) วาดเส้นแนวนอนผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมและตัดวงกลมที่ปลายตรงข้ามพูดที่จุด F และ C ทำเครื่องหมายจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็น O
- (3) เริ่มต้นที่จุด F หรือ C เป็นจุดศูนย์กลางและด้านข้างเป็นความยาวไปที่ทำเครื่องหมายจุดบนเส้นรอบวง A, B, D และ E
- (4) วาดเส้นตัดที่จุด A-B-C-O-E-F จะได้รูปหกเหลี่ยมที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.15 (ข)



รูปที่ 4.15 สร้างรูปหกเหลี่ยม (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

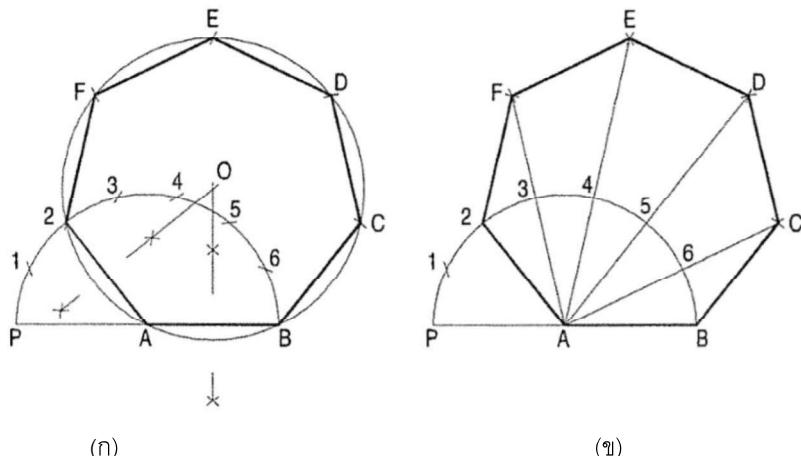
4.3.4 สร้างรูปเจ็ดเหลี่ยม

วิธีที่ 1

- (1) วาดเส้นแบ่งครึ่งตั้งฉากของ A_2 และ AB ตัดกันที่ O
- (2) ตัวยาจุดศูนย์กลาง O และรัศมี OA
- (3) ตัวยารัศมี AB และเริ่มจาก B ให้ตัดวงกลมที่จุด $C, D \dots 2$
- (4) วาดเส้น BC, CD เป็นตัน และทำให้รูปสมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.16 (ก)

วิธีที่ 2

- (1) ตัวยาจุดศูนย์กลาง B และรัศมี AB วาดเส้นโค้งตัดสาย A_6 ไปยังตำแหน่งจุด C
- (2) ตัวยาจุดศูนย์กลาง C และรัศมีเดียวกันวาดการตัดส่วนโค้ง ไปยังตำแหน่งจุด D
- (3) ตำแหน่ง E และ F ในลักษณะเดียวกัน
- (4) วาดเส้น BC, CD เป็นตัน และทำให้รูปสมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.16 (ข)

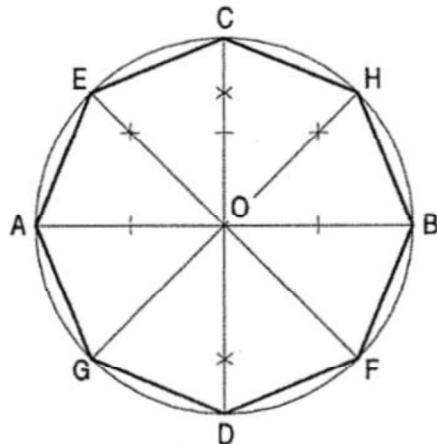


รูปที่ 4.16 สร้างรูปเจ็ดเหลี่ยม (Construct regular polygons) วิธีที่ 1 และวิธีที่ 2

(Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

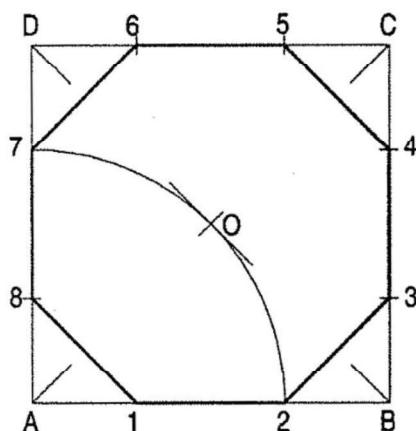
4.3.5 สร้างรูปแปดเหลี่ยม

- (1) ตัวยศูนย์กลาง O วาดวงกลมรัศมีตามที่กำหนด
- (2) วาดเส้น AB และ CO ในมุมจากซึ่งกันและกัน
- (3) วาดขนาด EF และ CH ตัดมุม AOC และ COB
- (4) ลากเส้น AE, EC ฯลฯ และทำรูปแปดเหลี่ยมให้สมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 สร้างรูปแปดเหลี่ยม วิธีที่ 1 (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

- (1) วาดสี่เหลี่ยม ABCD ที่กำหนด
- (2) วาดเส้นทแยงมุม AC และ BO ตัดกันที่ O
- (3) จุดศูนย์กลางที่จุด A และรัศมี AO ให้วาดตัดส่วนโค้ง AB ที่ 2 และ AD ที่ 7
- (4) ในทำนองเดียวกันกับจุดศูนย์กลาง B, C และ D และรัศมีเดียวกันวาดส่วนโค้งและจุดที่ 1, 3, 4 เป็นต้น
- (5) ลากเส้น 2-3, 4-5, 6-7 และ 8-1 ทำให้แปดเหลี่ยมสำเร็จ ดังแสดงในรูปที่ 4.18



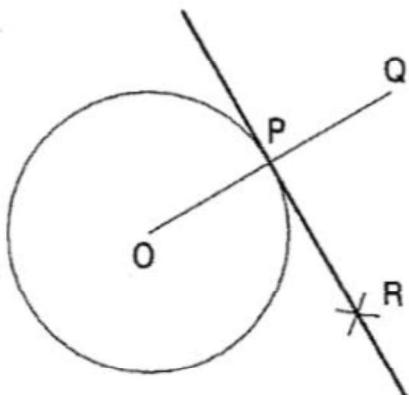
รูปที่ 4.18 สร้างรูปแปดเหลี่ยม วิธีที่ 2 (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

4.4 เส้นสัมผัสวงกลม (Tangents)

วิธีที่ 1

- (1) ด้วยศูนย์ O วาดวงกลมที่กำหนดและทำเครื่องหมายจุด P บนเส้นรอบวงกลม
- (2) วาดเส้นตรง OP
- (3) สร้าง OP ต่อไปที่ Q เพื่อให้ $PQ = OP$
- (4) ด้วยศูนย์กลาง O และ Q และด้วยรัศมีที่สะดวกให้วาดส่วนโค้งที่ตัดกันที่ R
- (5) วาดเส้นผ่าน P และ R จากนั้นเส้นนี้จะเป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.19

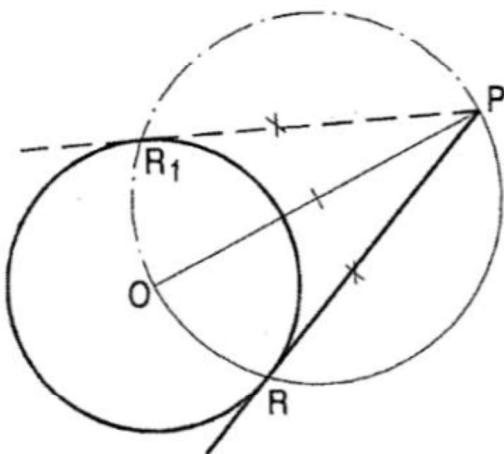
4.19



รูปที่ 4.19 วาดเส้นสัมผัส วิธีที่ 1 (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

วิธีที่ 2

- (1) ด้วยศูนย์กลาง O วาดวงกลมที่กำหนด
- (2) ทำเครื่องหมายจุด P ด้านนอก
- (3) วาดเส้นตรง OP
- (4) ด้วยเส้น OP เป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง วาดริช่องวงกลมตัดวงกลมที่กำหนดที่ R และ R1
- (5) ลากเส้นผ่าน P และ R เส้นนี้คือเส้นสัมผัสวงกลมที่ต้องการ และเส้นผ่าน P และ R1 คือเส้นสัมผัสอื่น ๆ ซึ่งเริ่มต้นมาจากจุดเดียวกันได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.20



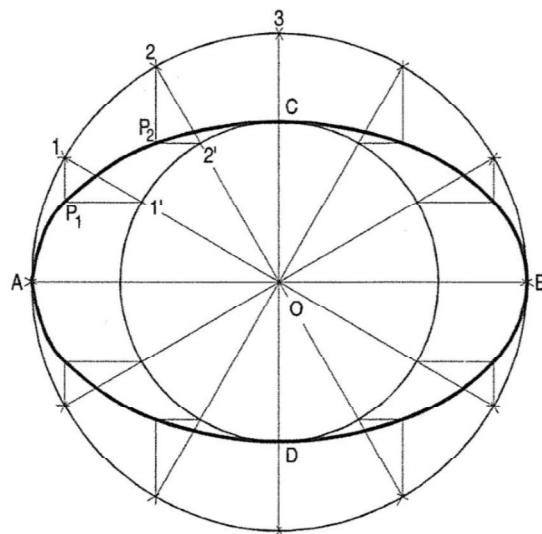
รูปที่ 4.20 วิธีการเส้นลัมผัส วิธีที่ 2 (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

4.5 รูปวงรี (Ellipse)

วิธีที่ 1 Concentric circles method

- (1) วาดแกนหลัก AB และ CD ตัดซึ่งกันและกันที่ O
- (2) ตัวยุคศูนย์กลาง O และเส้นผ่าศูนย์กลาง AB และ CD ตามลำดับ ให้วาดวงกลมสองวง
- (3) แบ่งวงกลมแกนหลัก ออกเป็น 12 ส่วนเท่ากัน และทำเครื่องหมาย 1, 2 ฯลฯ
- (4) ลากเส้นที่เชื่อมจุดเหล่านี้กับจุดศูนย์กลาง O และตัดวงกลมแกนเล็กที่จุด 1, 2 เป็นต้น
- (5) ผ่านจุดที่ 1 บนวงกลมแกนหลักให้ลากเส้นขนานกับ CD ของวงกลมแกนเล็ก
- (6) ผ่านจุดที่ 1 บนวงกลมแกนเล็ก ลากเส้นขนานกับ AB ซึ่งเป็นวงกลมแกนหลัก จุด P₁ ที่จุดตัดสองเส้นเหล่านี้อยู่บนวงรีที่ต้องการ
- (7) สร้างข้ามผ่านจุดทั้งหมด วาดวงรีผ่าน A, P₁, P₂, ..., ฯลฯ จนสำเร็จ ดังแสดงในรูปที่ 4.21

4.21

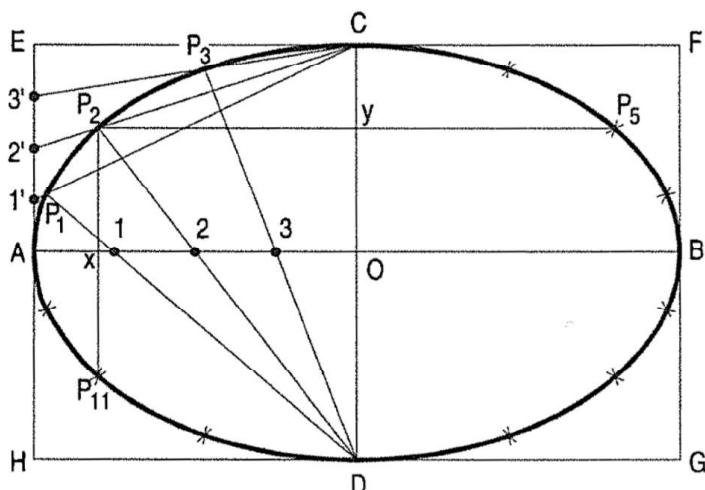


รูปที่ 4.21 การสร้างรูปวงรี วิธี Concentric circle method (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

วิธีที่ 2 Oblong method

- (1) วาดแกนทั้งสอง AB และ CD ตัดกันที่ O
- (2) สร้างรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า EFGH ซึ่งมีด้านข้างเท่ากับแกนสองแกน
- (3) แบ่ง AO ที่กึ่งแกนหลักออกเป็น 4 ส่วนเท่ากันและ AE เป็นจำนวนส่วนเท่ากัน
- (4) ลากเส้นตรง 1, 2 และ 3 กับ C
- (5) จากจุด D ลากเส้นผ่าน 1, 2 และ 3 ที่ตัดกัน C1, C2 และ C3 ที่จุด P1, P2 และ P3
ตามลำดับ
- (6) วาดเส้นโค้งผ่าน A, P1 C ซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งในสี่ของวงรี
- (7) ทำเส้นโค้งให้สมบูรณ์โดยการสร้างเดียวกันอีก 3 ส่วนที่เหลือ จนสำเร็จ ดังแสดงในรูปที่

4.22

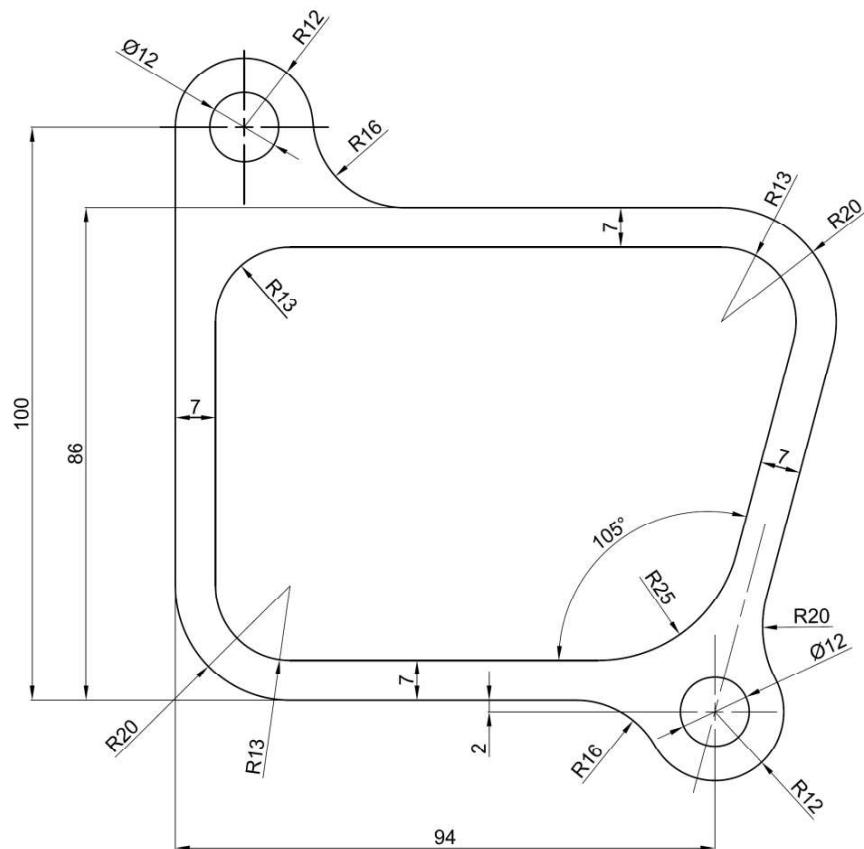


รูปที่ 4.22 การสร้างรูปวงรี วิธี Oblong method (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

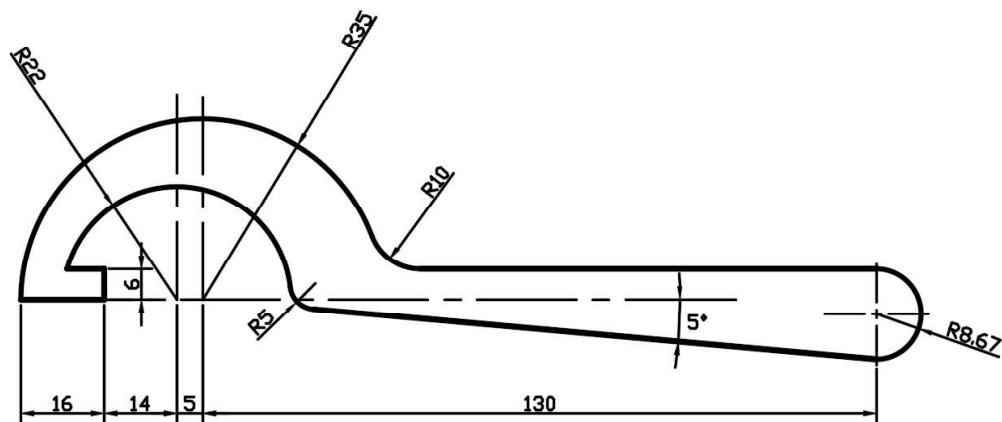
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4

- (1) จงเขียนสร้างรูป 6 เหลี่ยม, 7 เหลี่ยม, และ 8 เหลี่ยม โดยกำหนดขนาดตามความเหมาะสม
- (2) จงเขียนสร้างรูปวงรี ด้วยวิธี Concentric circles method และวิธี Oblong method
- (3) จงเขียนภาพเรขาคณิตประยุกต์ดังต่อไปนี้

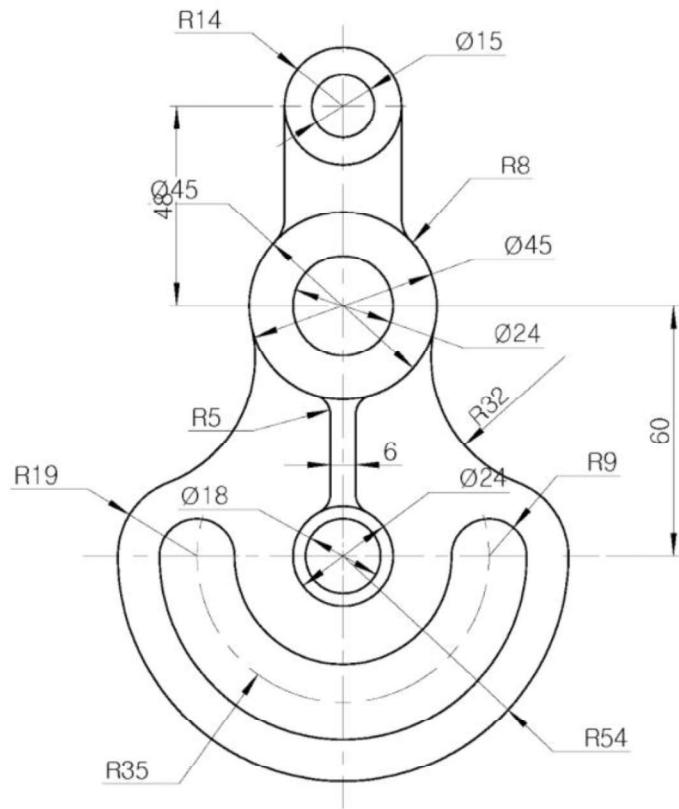
(a)



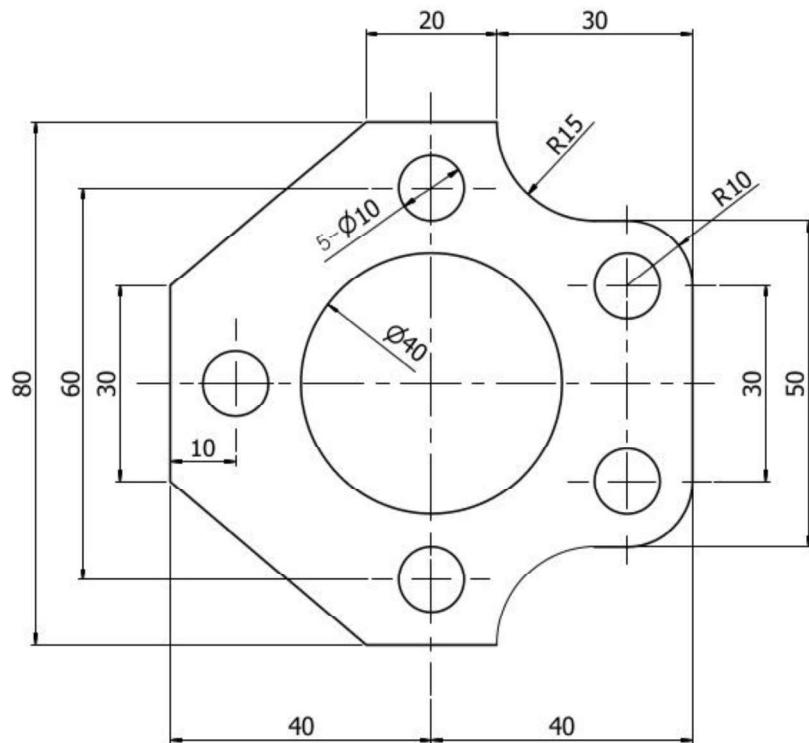
(b)



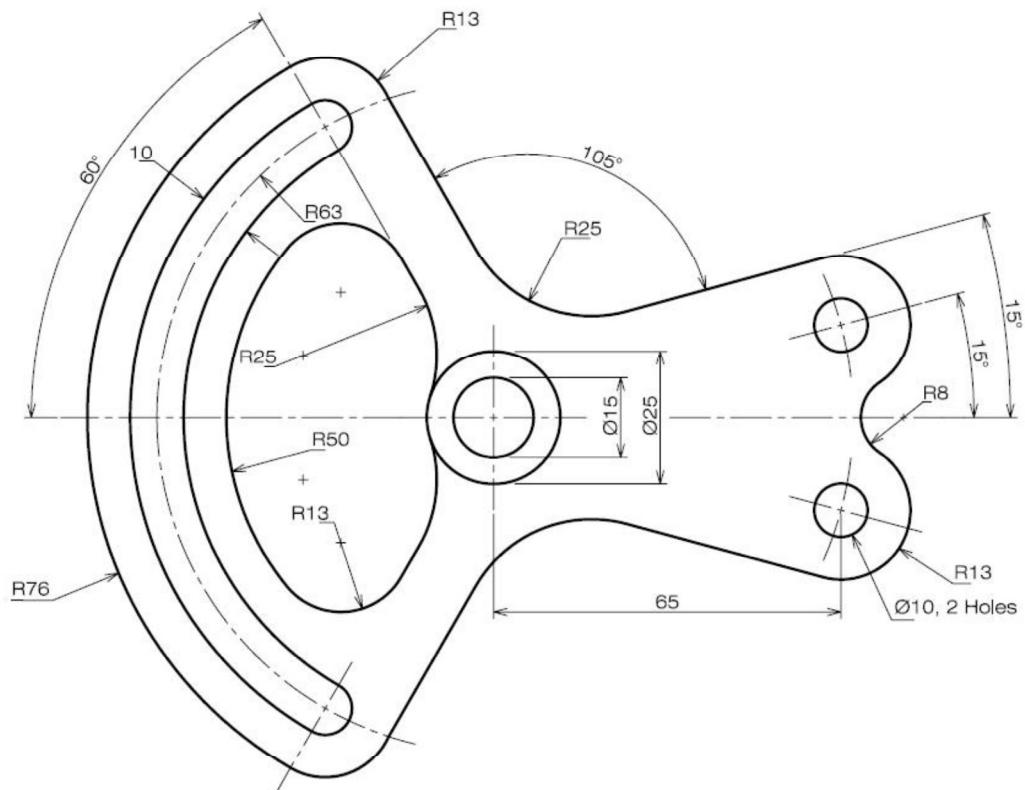
(c)



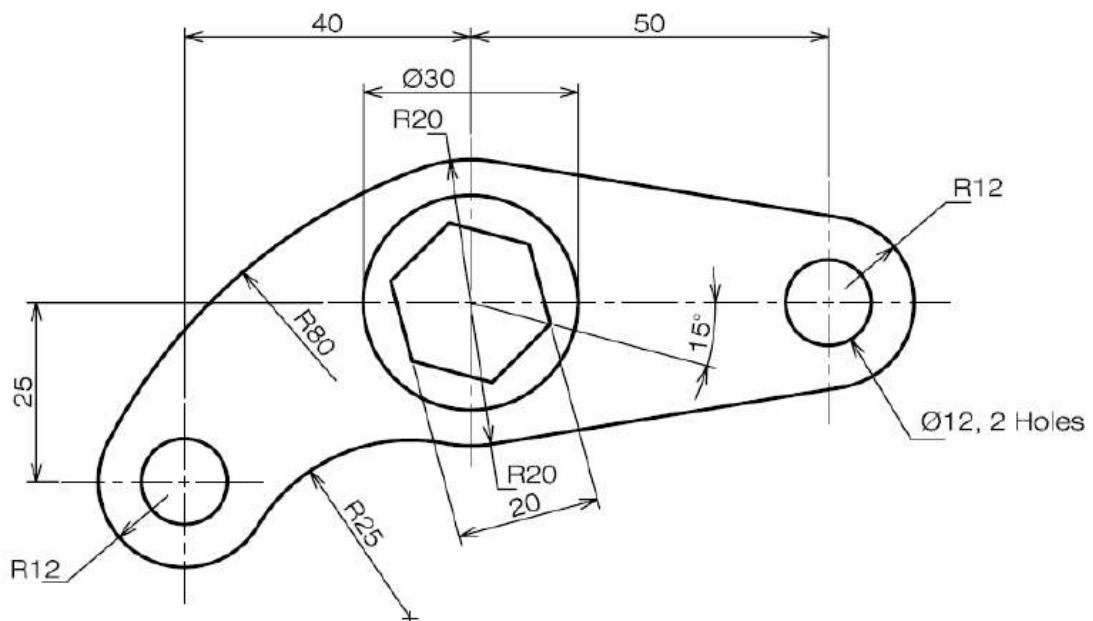
(d)



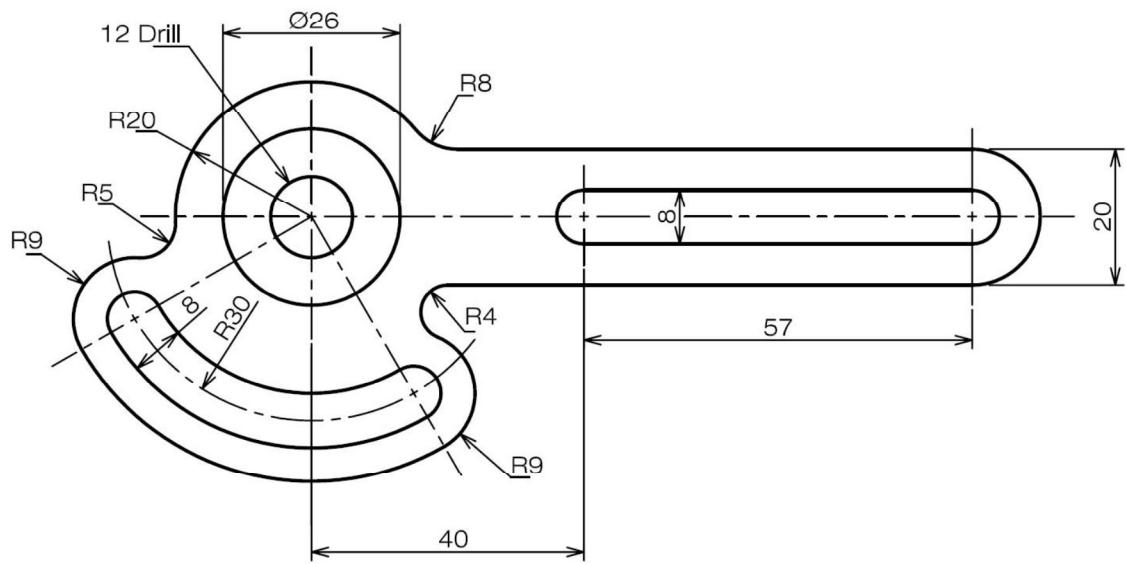
(e)



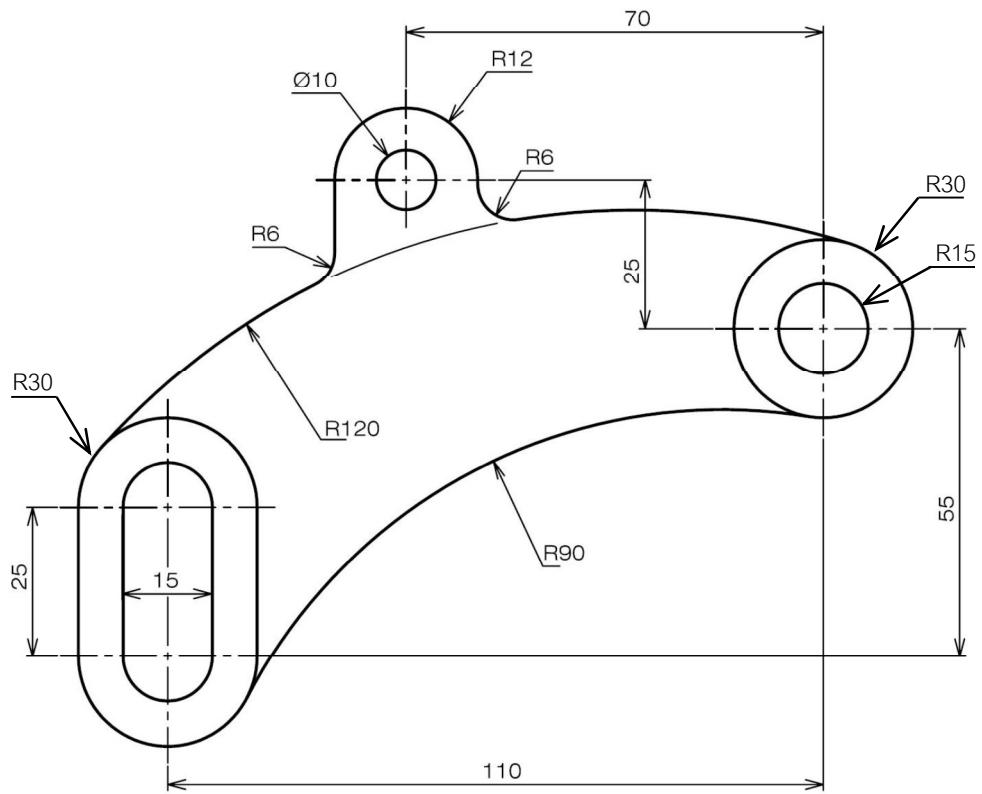
(f)



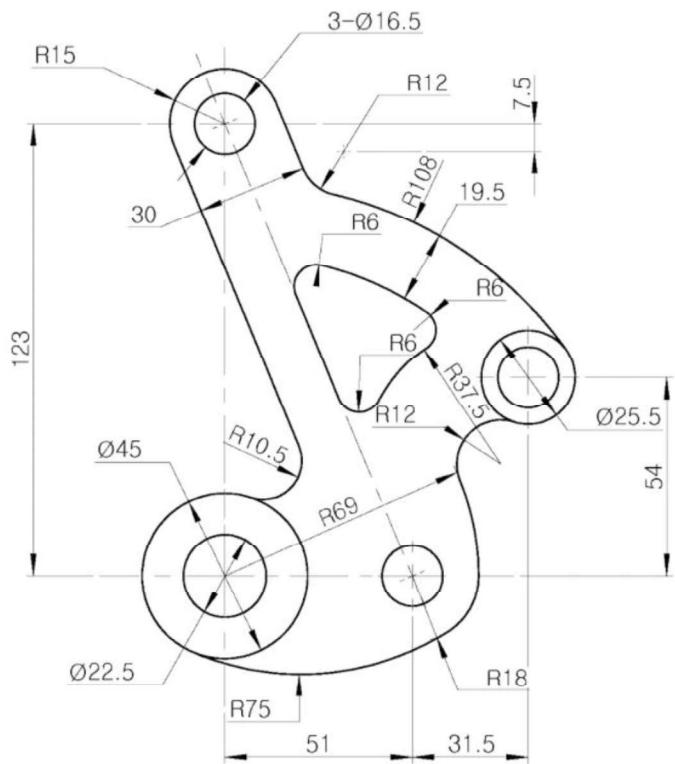
(g)



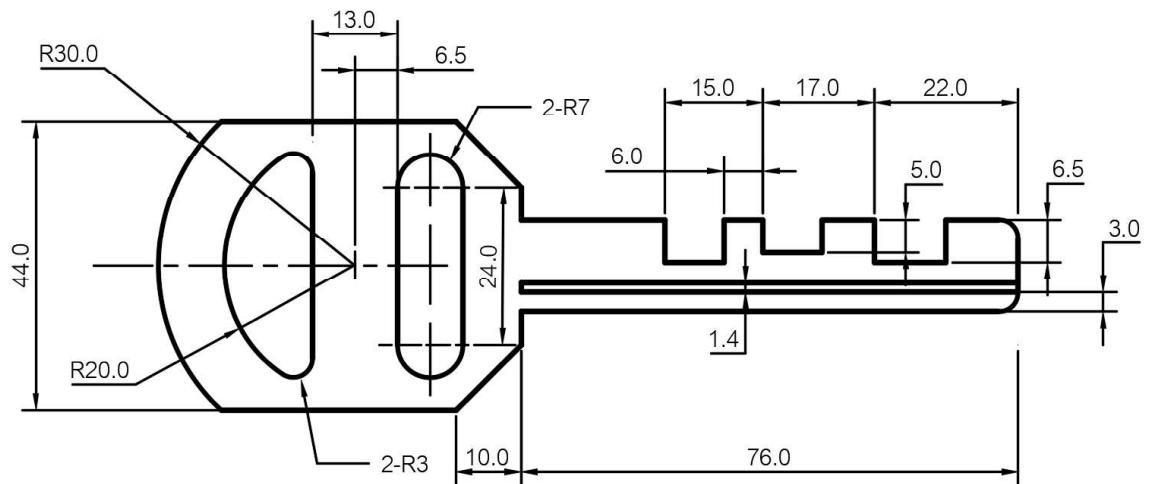
(h)



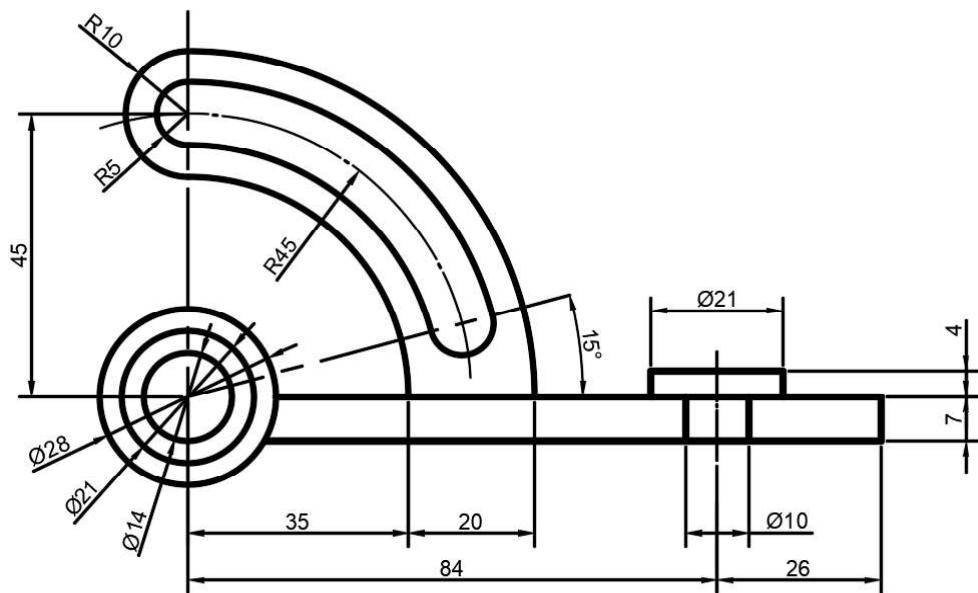
(i)



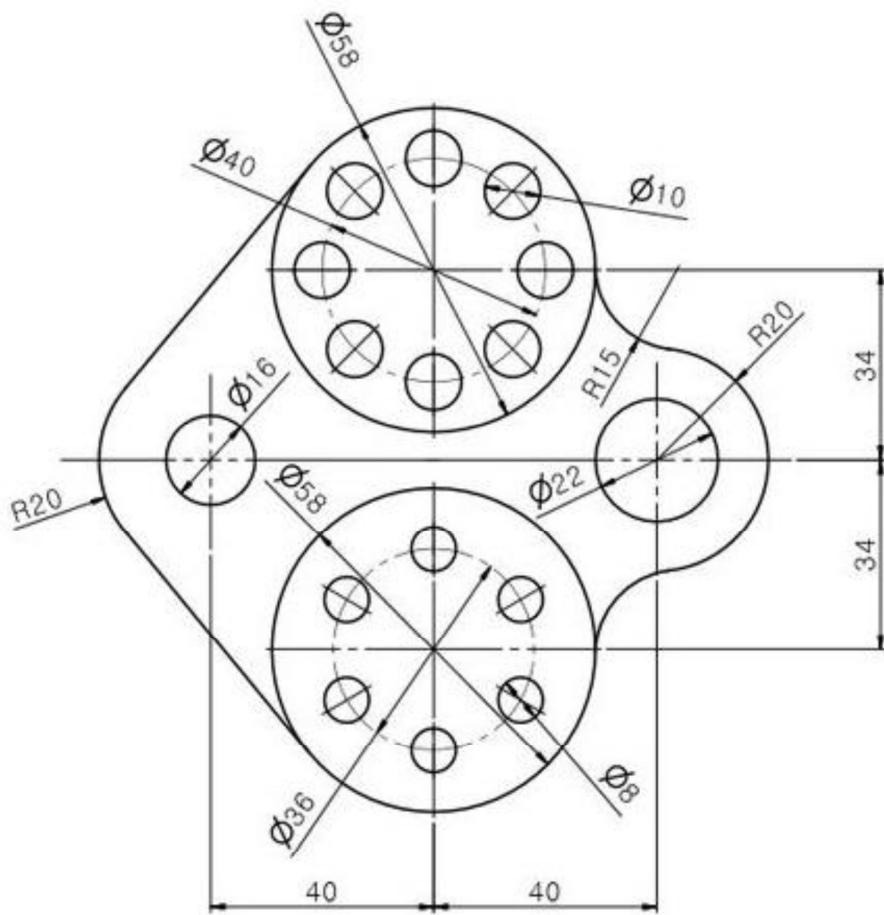
(j)



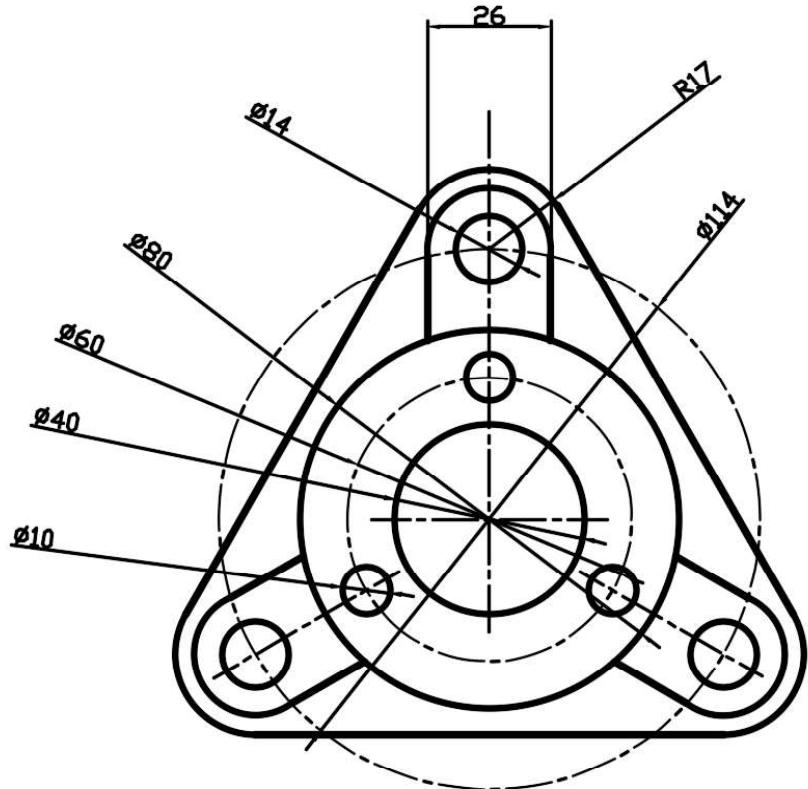
(k)



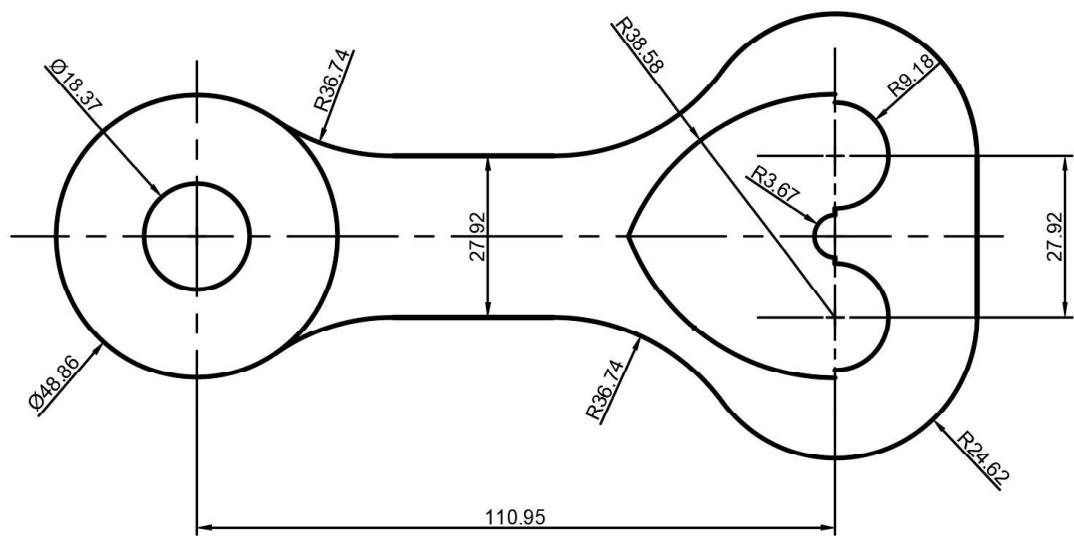
(l)



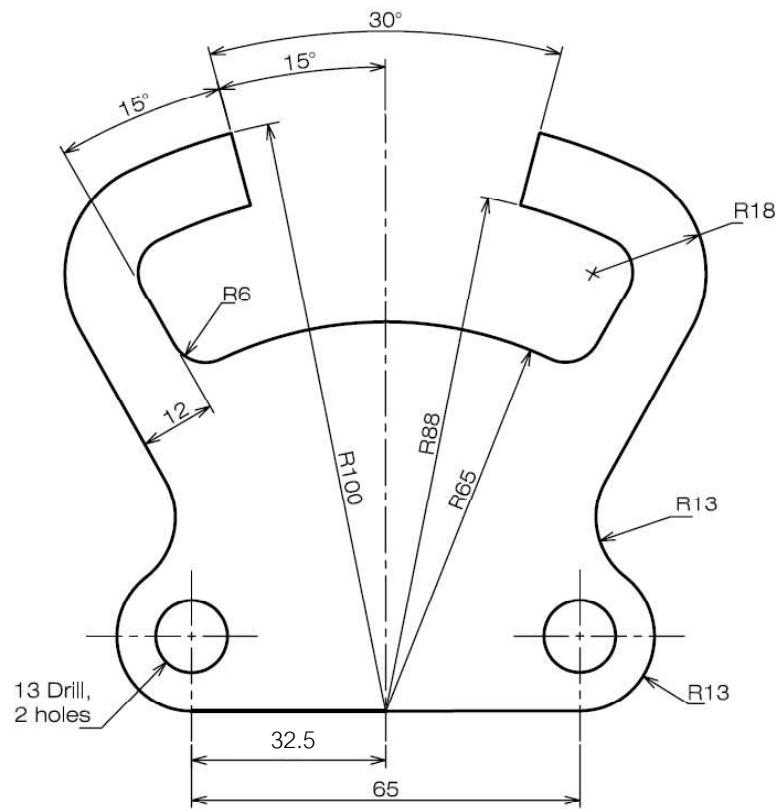
(m)



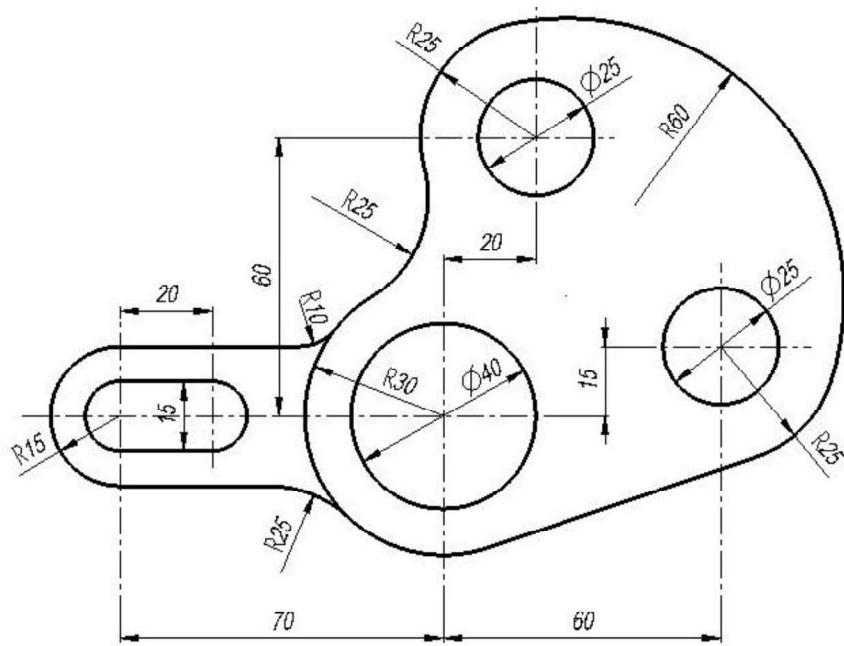
(n)



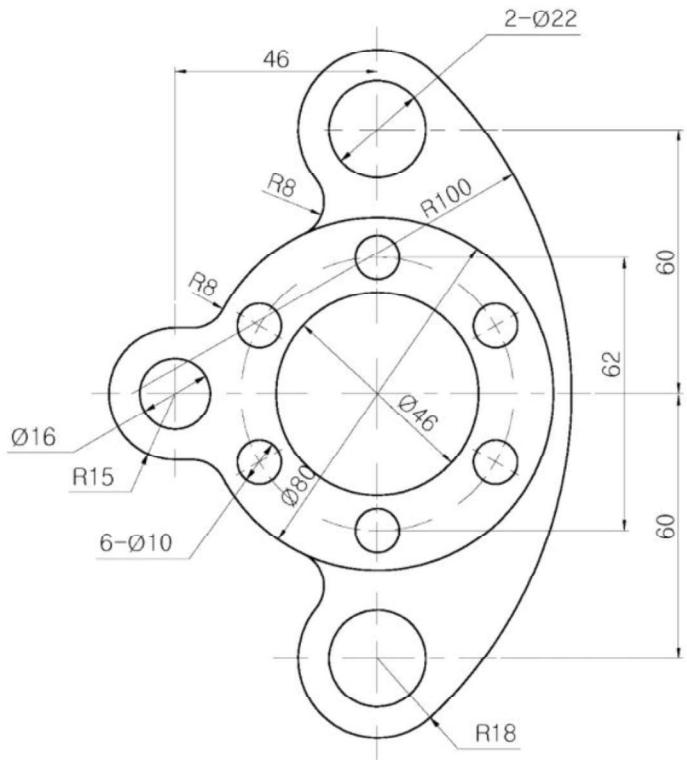
(o)



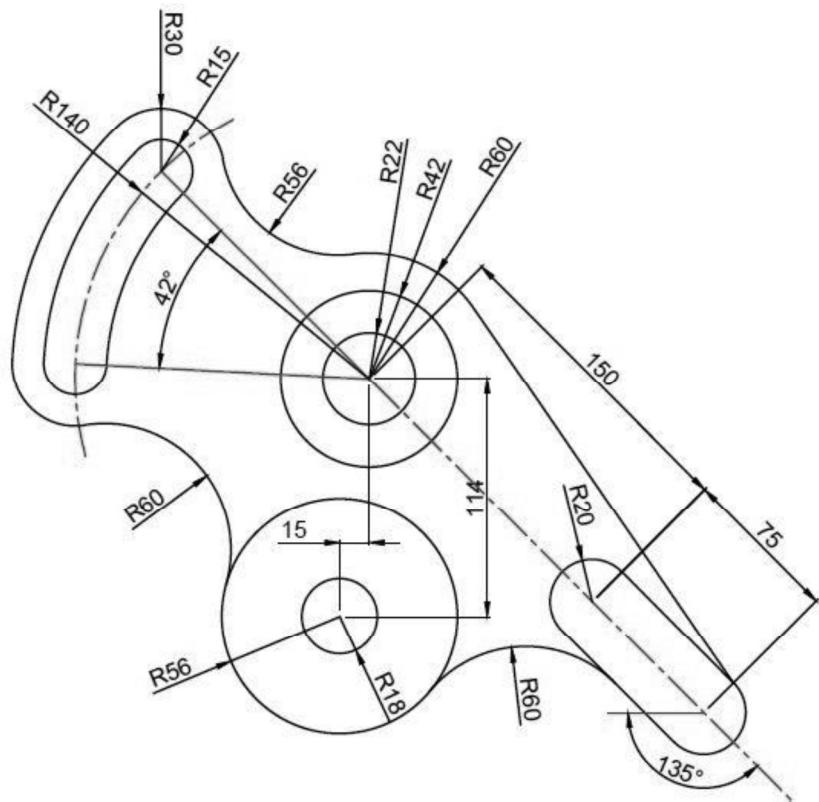
(p)



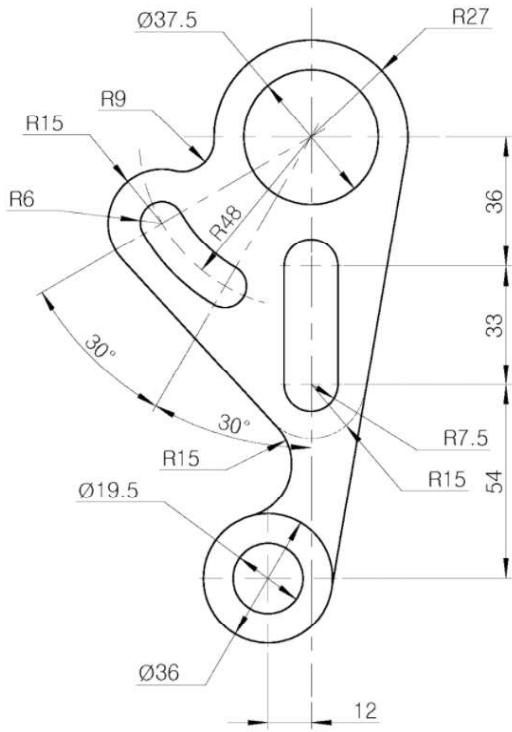
(q)



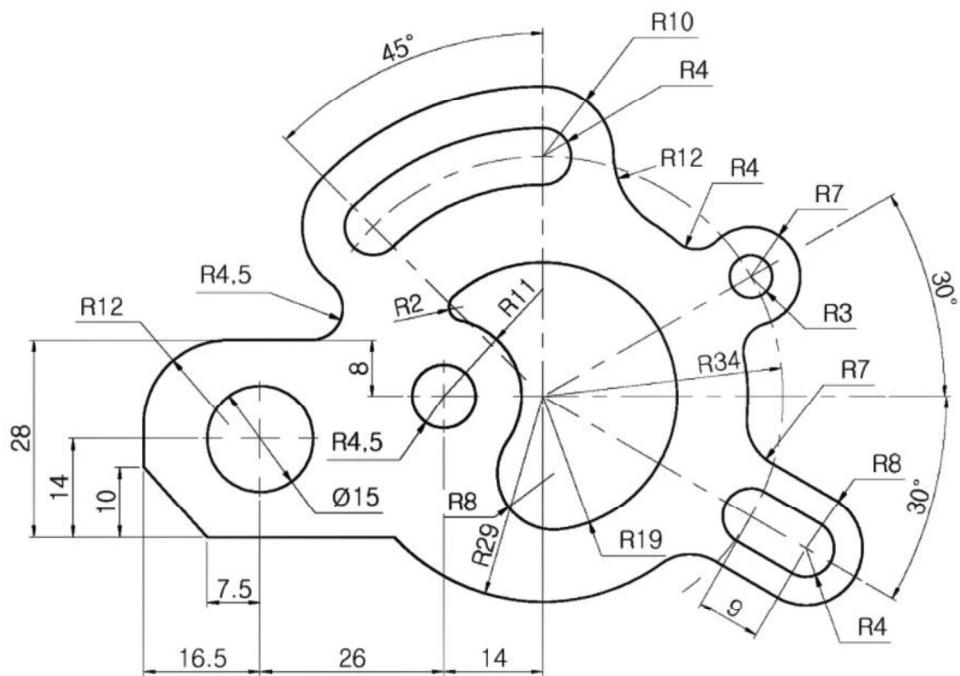
(r)



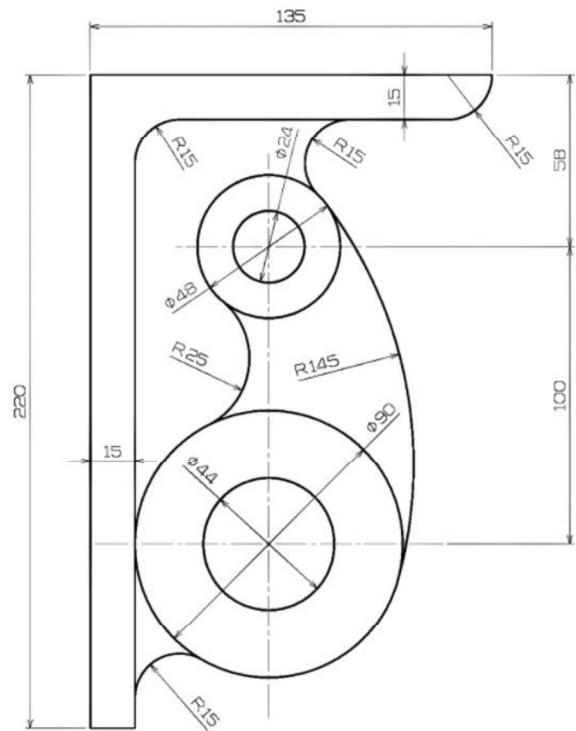
(s)



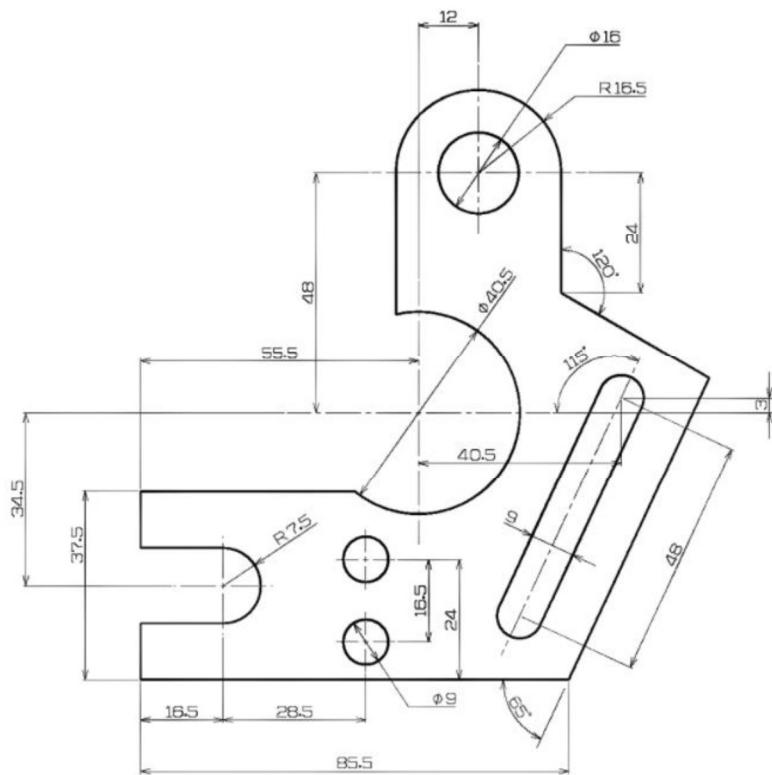
(t)



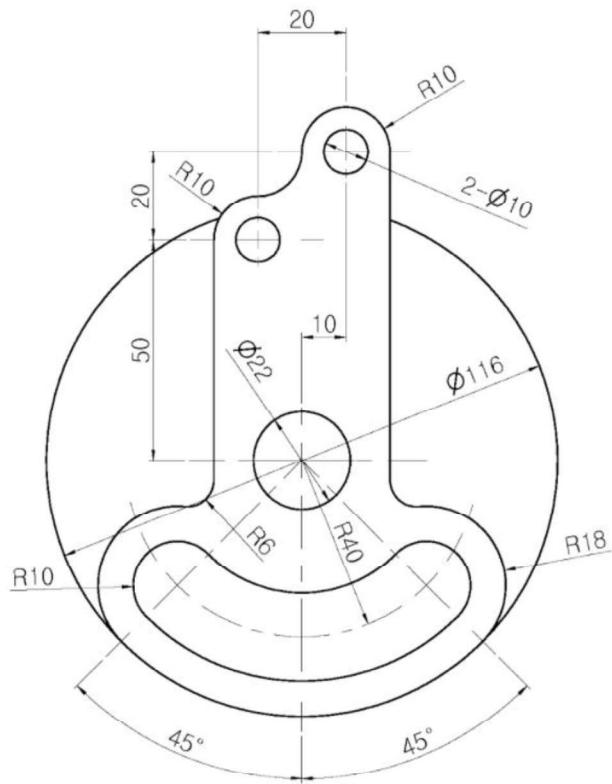
(u)



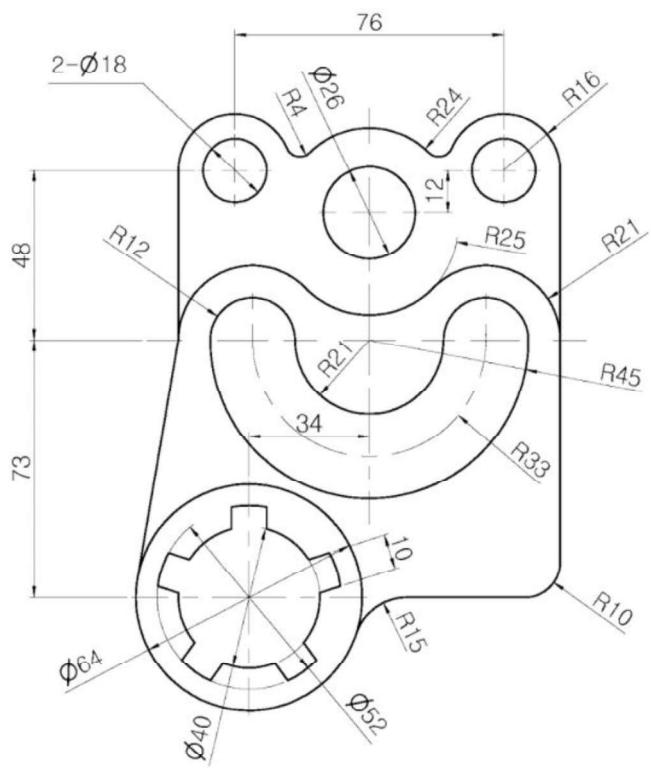
(v)



(w)



(x)



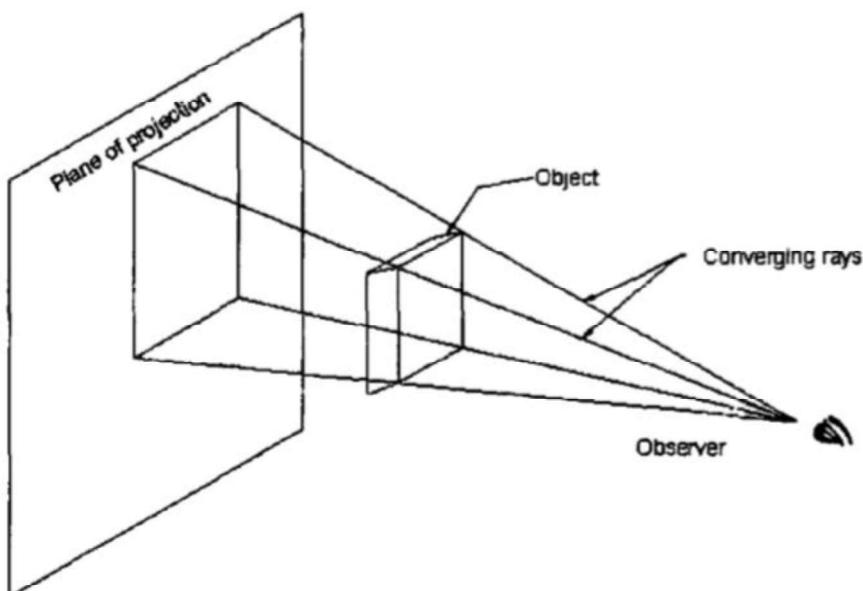
บทที่ 5

การฉายภาพและการเขียนภาพ Orthographic

5.1 หลักการฉายภาพ (Principle of projection)

การเขียนแบบวิศวกรรมโดยเฉพาะรูปทรงเรขาคณิตที่เป็นวัตถุแข็ง (Solid) เป็นภาษาภาพที่ใช้ในอุตสาหกรรม เพื่อแสดงแนวคิดและข้อมูลที่จำเป็นในรูปแบบของแปลนเพื่อสร้างเครื่องจักรอาคาร สิ่งก่อสร้าง ฯลฯ โดยงานวิศวกรรมและเทคนิคทุกรูปแบบกำหนดให้ใช้พื้นผิวสองมิติ (กระดาษ) เพื่อสื่อสารแนวคิดและคำอธิบายทางภาษาภาพของรูปทรงที่หลากหลาย เพื่อให้ข้อมูลที่จำเป็นเกี่ยวกับวัตถุแก่ผู้ผลิตหรือบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้องเป็นเรื่องปกติที่จะต้องจัดทำประมาณการของวัตถุนั้น ที่สามารถกำหนดตำแหน่งสัมพัทธ์และรูปแบบจริงได้อย่างแม่นยำ

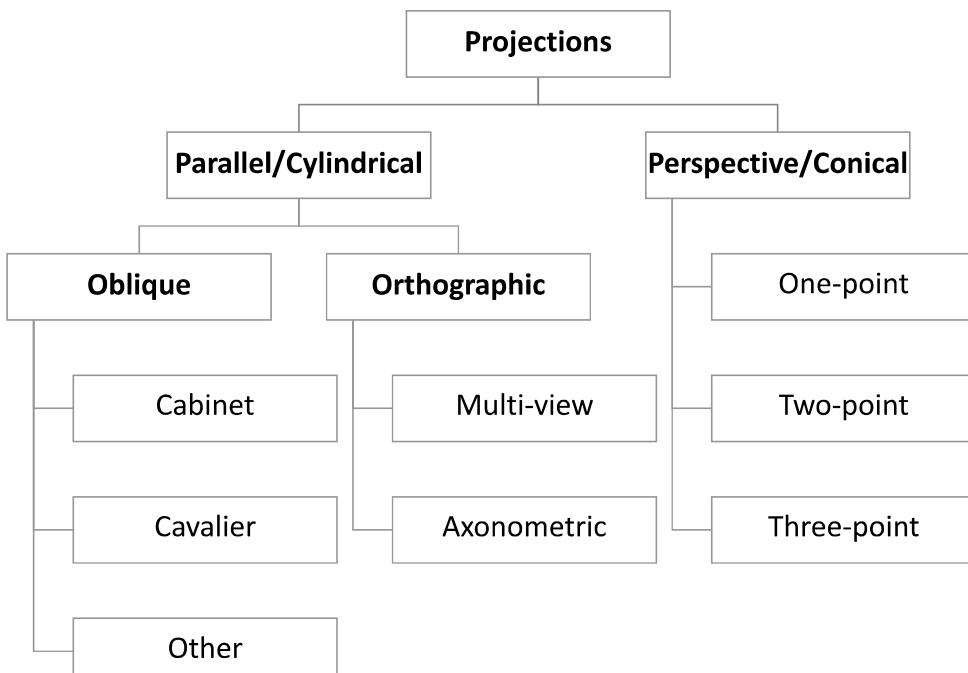
การฉายภาพ (Projection) เป็นกระบวนการที่ใช้แนวของการมองเห็นไปในทิศทางที่เฉพาะเจาะจงจากวัตถุหนึ่งไปสู่การสร้างภาพบนระนาบ หากเส้นแนวสายตาถูกดึงมาจากจุดต่าง ๆ บนรูปร่างของวัตถุเพื่อให้ตรงกับระนาบใบปั๊ม ได้แก่ ดังนั้น วัตถุจึงถูกฉายบนระนาบนั้น รูปหรือมุมมองที่เกิดขึ้นเรียกว่า การฉายภาพของวัตถุ (Projection) เส้นหรือแนวสายตาที่ดึงจากวัตถุไปยังระนาบเรียกว่าเส้นแนวสายตา (Projector) ระนาบใบปั๊มสำหรับการฉายภาพถูกเรียกว่า ระนาบการฉาย (Plane of projection) ดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 Perspective Projection (K. Venkata Reddy, 2008)

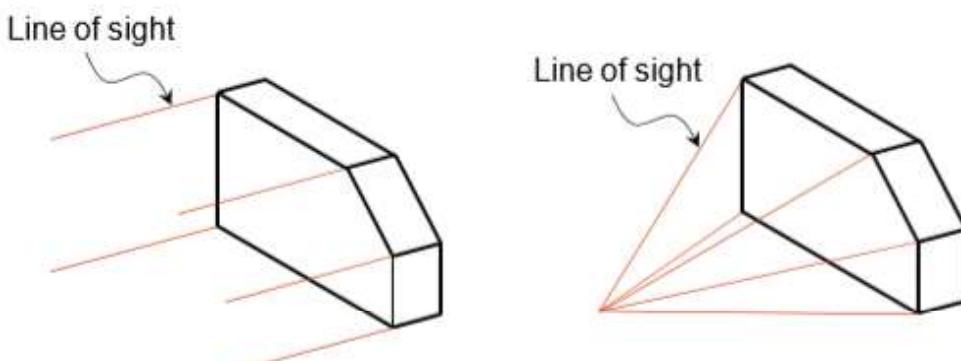
5.2 วิธีการฉายภาพ (Methods of projection)

วิธีการฉายภาพสามารถแบ่งได้หลายวิธี Department of Civil Engineering Ahsanullah University of Science and Technology (2017) ระบุว่า การฉายภาพแบ่งตามลักษณะการฉายภาพได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ (1) Parallel Projection เป็นการฉายภาพที่แนวเส้นสายตา (Projector) ขนานกันและตั้งฉากกับระนาบของภาพ ได้แก่ Orthographic, Oblique และ Axonometric Projections และ (2) Perspective projections เป็นภาพวาดที่พยายามเลียนแบบลักษณะตามนุชย์มองเห็นเมื่อมองวัตถุ ดังแสดงในรูปที่ 5.2 ถึงรูปที่ 5.4



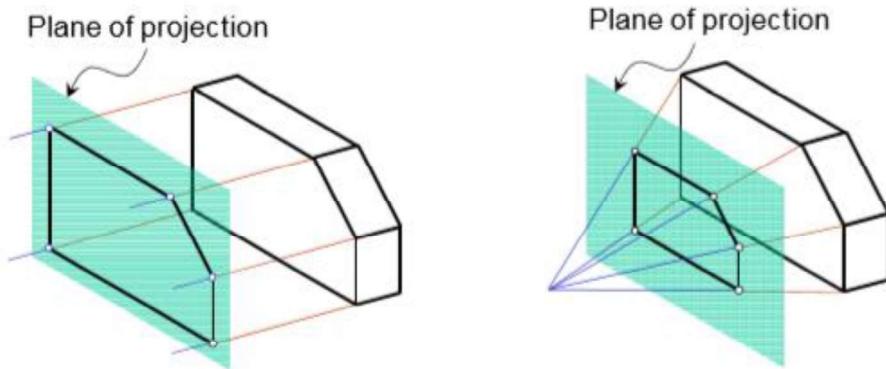
รูปที่ 5.2 ประเภทของการฉายภาพ (Projections)

(Department of Civil Engineering Ahsanullah University of Science and Technology, 2017)



รูปที่ 5.3 แนวการมองภาพแบบ Parallel และแบบ Perspective

(Department of Civil Engineering Ahsanullah University of Science and Technology, 2017)



รูปที่ 5.4 ระนาบหรือจาร์บภาพและการเกิดภาพแบบ Parallel และแบบ Perspective

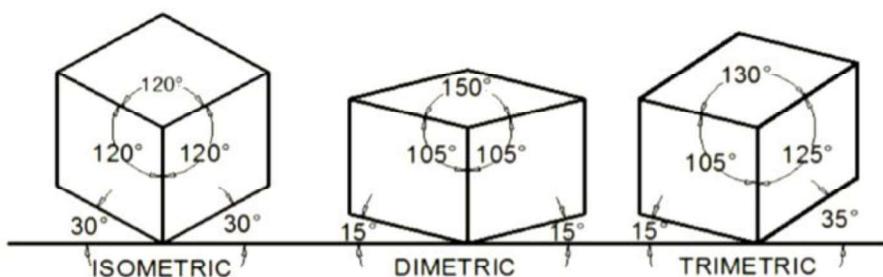
(Department of Civil Engineering Ahsanullah University of Science and Technology, 2017)

สำหรับในการเขียนแบบวิศวกรรมอาจแบ่งการฉายภาพ 2 รูปแบบ ตามมุมมองภาพที่นำเสนอนั้นในแบบที่เขียนขึ้น ได้แก่ Pictorial projections (Axonometric Projection, Oblique projection และ Perspective projection) และ Orthographic projections

ในวิธีการ Pictorial projections เป็นตัวแทนของวัตถุด้วยมุมมองภาพเป็นเหมือนกับตาเห็น ในวิธีการนี้เป็นการฉายภาพวัตถุสามมิติ โดยจะถูกนำเสนอบนระนาบการฉายภาพด้วยมุมมองเดียวเท่านั้น ในขณะที่การฉายภาพวิธี Orthographic projection วัตถุจะถูกแสดงด้วยมุมมองสองหรือสามมุมมองบนระนาบการตั้งจากซึ่งกันและกัน มุมมองการฉายภาพแต่ละมุมมองแสดงวัตถุสองมิติ สำหรับให้ข้อมูลที่สมบูรณ์ของวัตถุสามมิติต้องมีมุมมองอย่างน้อยสองหรือสามมุมมองรายละเอียดเบื้องต้น ดังนี้

5.2.1 Axonometric Projection

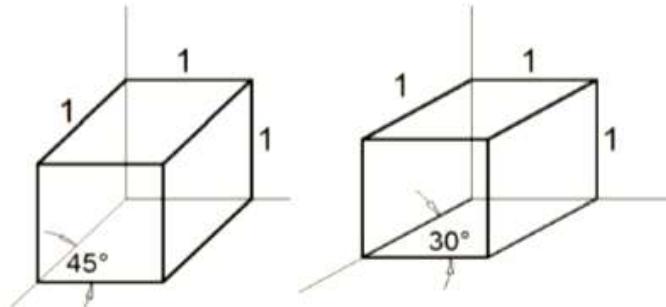
Axonometric Projection เป็นการฉายภาพแบบขานานซึ่งวัตถุจะดูเหมือนถูกหมุนเพื่อแสดงทั้งสามมิติ มี 3 ประเภท ได้แก่ Isometric, Dimetric และ Trimetric (ซึ่งจะกล่าวถึงในรายละเอียดในบทที่ 6) ดังแสดงในรูปที่ 5.5



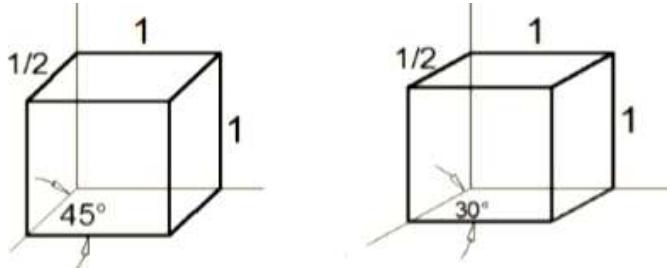
รูปที่ 5.2 Axonometric Projection (K. Venkata Reddy, 2008)

5.2.2 Oblique Projection

เป็นหนึ่งในวิธีของการฉายภาพแบบข่านแบบ Pictorial projection แต่ไม่ได้ตั้งฉากกับระนาบของภาพ มักจะทำมุมประมาณ $15^\circ - 45^\circ$ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ (1) Cavalier projection ในกรณีขนาดตามแนวแกนทั้งหมดถูกการเดินทางมาตราส่วนที่ถูกต้อง และ (2) Cabinet projection ในกรณีขนาดตามแนวแกนที่แยกมุมจะถูกการลดขนาดลงเหลือครึ่งหนึ่งของค่าจริง ส่วนมิติตามแนวแกนอื่น ๆ ถูกการเดินทางมาตราส่วนจริง (ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดในบทที่ 6) ดังแสดงในรูปที่ 5.6



(ก) Cavalier projection of unit cube

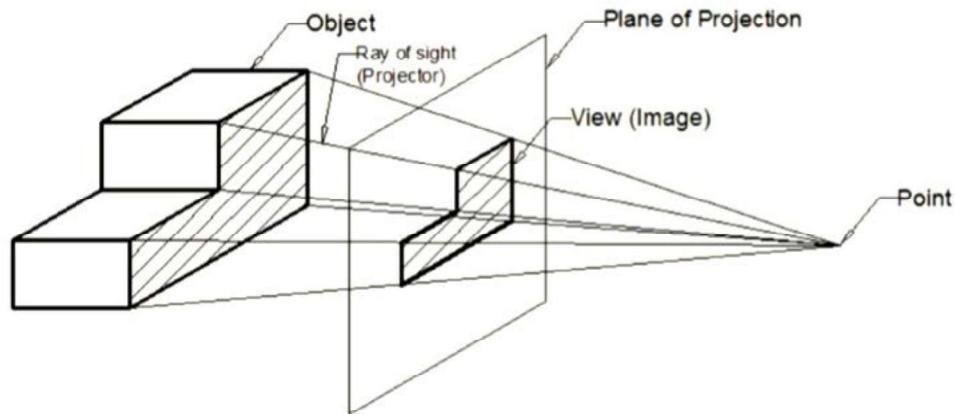


(ข) Cabinet projection of unit cube

รูปที่ 5.3 Oblique Projection (K. Venkata Reddy, 2008)

5.2.3 Perspective Projection

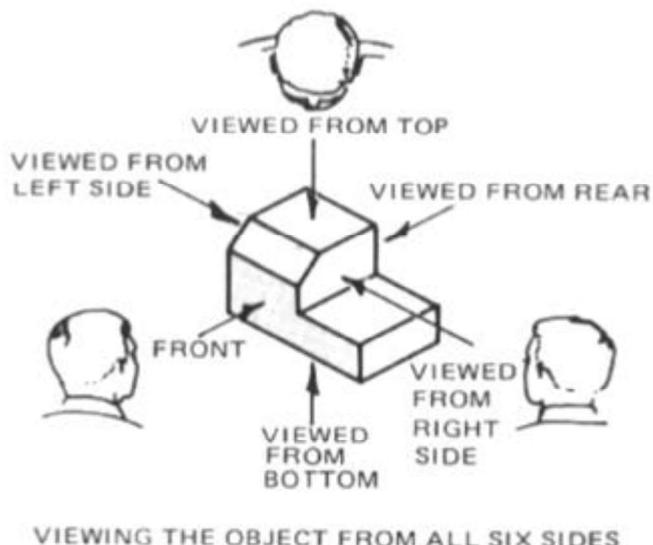
เป็นการฉายภาพแบบ Pictorial projection ที่เส้นแนวสายตา (Projector) ไม่ได้ขนานกัน และมุมที่เกิดขึ้นในระนาบของภาพในลักษณะที่มาบรรจบกันเป็นจุดรวมกันว่าผู้สังเกตเห็นมุ่งมองบนระนาบของภาพจากจุดนั้น ในกรณีที่ผู้สังเกตมุ่งมองการฉายภาพอาจถือว่าอยู่ในระยะอนันต์ ดังแสดงในรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 Perspective Projection (K. Venkata Reddy, 2008)

5.2.4 Orthographic Projection

'ORTHO' หมายถึง มุมฉาก และ Orthographic หมายถึง การวัดภาพมุมฉาก เมื่อต้องขยายภาพตั้งจากกับระนาบเจึงเรียกว่า Orthographic projection หากมุมมองที่เป็นไปได้ใน การฉายภาพ Orthographic ของวัตถุของแข็ง ได้แก่ มุมมองด้านบน มุมมองด้านหน้า มุมมองด้านซ้าย มุมมองด้านขวา มุมมองด้านหลัง และมุมมองด้านล่าง ดังแสดงในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 การฉายภาพ Orthographic (K. Venkata Reddy, 2008)

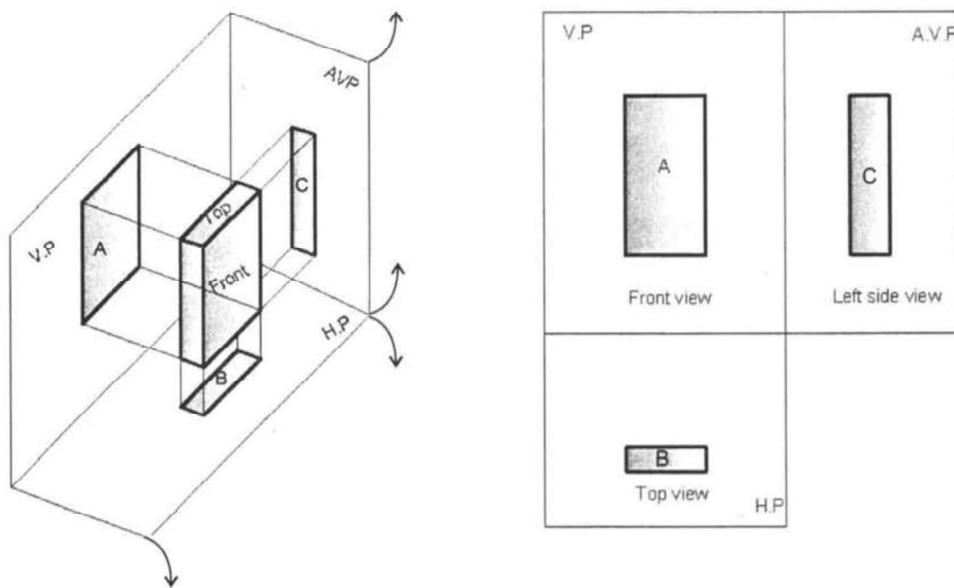
โดยทั่วไป Orthographic projection เป็นการฉายภาพเดียวโดยการวางจากตั้งจากกับ ระนาบ ซึ่งเป็นวิธีการแทนรูปร่างที่แน่นอนของวัตถุโดยการวางตั้งจากจากสองด้านหรือ

มากกว่าไปยังระนาบ โดยทั่วไปเมื่อรวมมุมมองทุกด้านบนระนาบจะสามารถอธิบายวัตถุอย่างสมบูรณ์ วิธีที่สามารถทำความเข้าใจกันโดยทั่วไปมากที่สุดในการฉายภาพ Orthographic คือ Glass Box method

5.3 ระนาบของการฉายภาพ (Planes of projection)

สองระนาบสำหรับการฉายภาพ Orthographic เรียกว่า ระนาบอ้างอิง (Reference plane) หรือ ระนาบหลัก (Principal plane) ซึ่งตัดกันที่มุมจากระนาบแนวตั้ง (Vertical plane) ของการฉายภาพ (ด้านหน้าของผู้สังเกต) มักจะเขียนด้วยตัวอักษร "V.P." และ ระนาบหน้า (Frontal plane) ซึ่งเขียนด้วยตัวอักษร "F.P."

สำหรับระนาบอื่น คือ ระนาบแนวอน (Horizontal plane) ของการฉายภาพ หรือเรียกว่า H.P. การฉายภาพบน V.P. เรียกว่า "มุมมองด้านหน้า (Front view)" และการฉายภาพบน H.P. เรียกว่า "มุมมองด้านบน (Top view)" ดังแสดงในรูปที่ 5.9

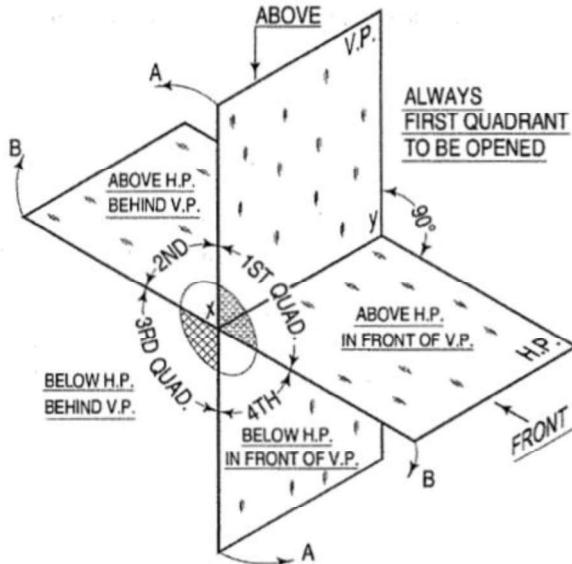


รูปที่ 5.9 การฉายภาพ Orthographic ด้านหน้า, ด้านบน และด้านข้าง (K. Venkata Reddy, 2008)

5.4 จตุภาค (Four quadrants)

เมื่อขยายระนาบของการฉายภาพออกไปเกินแนวที่ตัดกัน จะทำให้เกิดเป็นสี่ส่วนหรือมุมจาก (ดังแสดงในรูปที่ 5.10) วัตถุจุดอยู่ในจตุภาค (Four quadrants) ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งซึ่งสัมพันธ์กับ ระนาบที่ "เหนือหรือใต้ของ H.P." และ "ด้านหน้าหรือด้านหลังของ V.P."

ระนาบนี้จะถูกสมมติให้ไปร่วงใส การฉายภาพนั้นได้มาจากกราฟภาพที่ตั้งจากจารวัตถุไปยังระนาบ เช่น ภารมองจากด้านหน้าและจากด้านบน จากนั้นจะแสดงบนพื้นผิวโดยหมุนในระนาบได ระนาบที่นึง ทั้งนี้จุดภาคที่หนึ่ง (1st Quadrant) และสาม (3rd Quadrant) นั้นจะเปิดออกเสมอในขณะที่หมุนระนาบ ตำแหน่งของมุมมองจะเปลี่ยนไปตามจุดภาคที่วัตถุนั้นตั้งอยู่

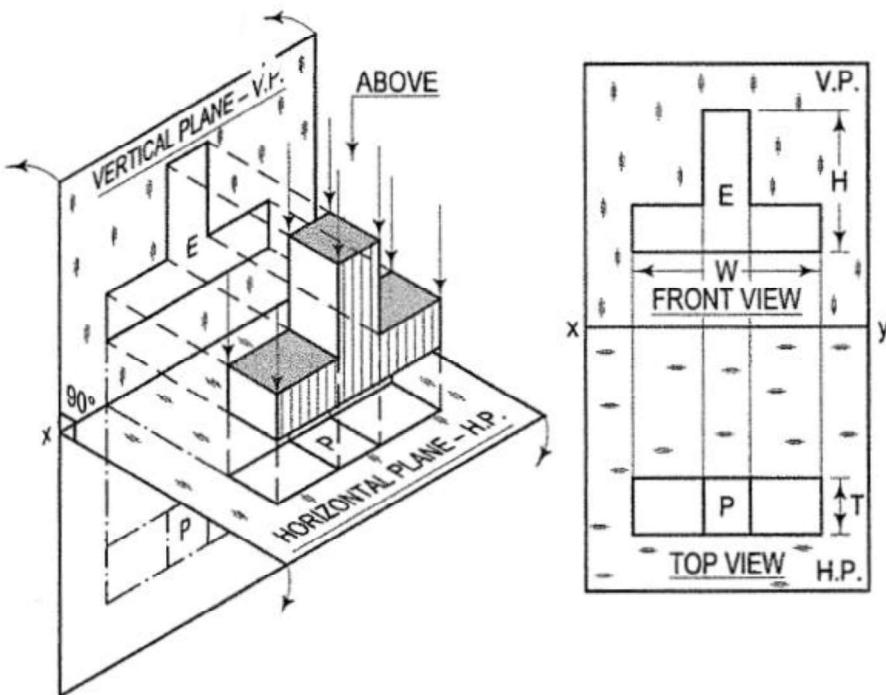


รูปที่ 5.10 Four quadrants (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

5.5 การฉายภาพมุมที่ 1 และมุมที่ 3 (First and Third angle projection)

5.5.1 การฉายภาพมุมที่ 1 (First-angle projection)

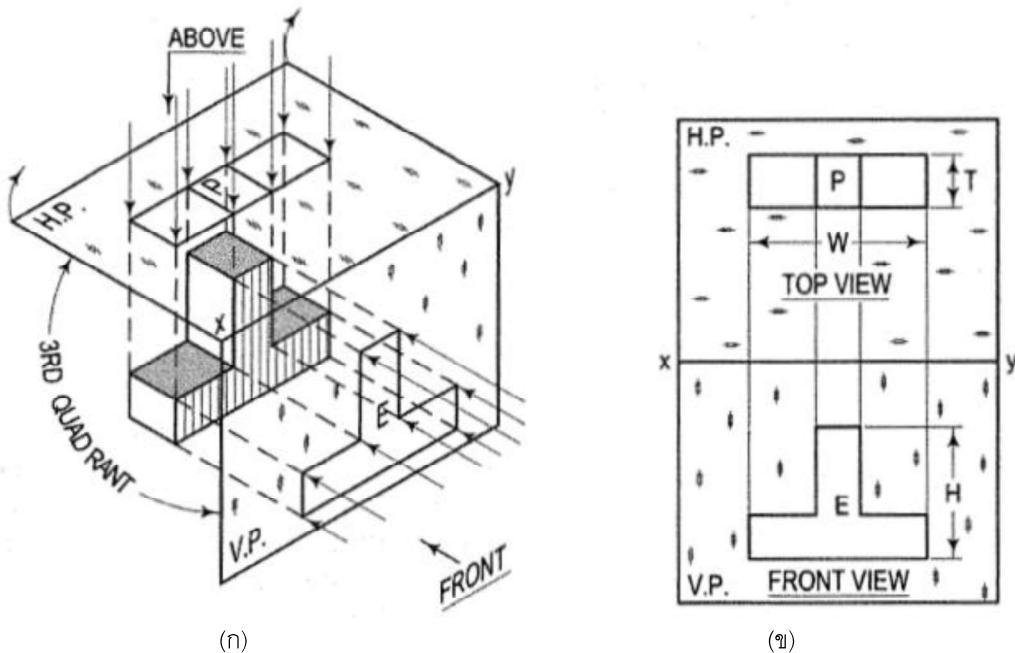
สมมติว่าวัตถุนั้นตั้งอยู่หน้า V.P. และเหนือ H.P. เช่นในจุดภาคแรกแล้วฉายบนระนาบนี้ วิธีการฉายภาพนี้เรียกว่า “วิธีการฉายภาพแบบมุมแรก (First-angle projection)” วัตถุนั้นอยู่ระหว่างผู้สังเกตกับระนาบการฉาย ในวิธีนี้เมื่อมุมมองภาพถูกกราฟในตำแหน่ง สัมพัทธ์ มุมมองด้านบนจะอยู่ด้านล่างมุมมองด้านหน้า กล่าวอีกนัยหนึ่งมุมมองที่มองเห็นจากด้านบนจะอยู่ที่อีกด้านหนึ่งของ (เช่นด้านล่าง) มุมมองด้านหน้า การฉายภาพแต่ละครั้งจะแสดงมุมมองของผิวนั้น (ของวัตถุ) ซึ่งอยู่ไกลจากระนาบที่ฉายออกมากและอยู่ใกล้กับผู้สังเกตมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 การฉายภาพมุมที่ 1 (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

5.5.2 การฉายภาพมุมที่ 3 (Third-angle projection)

การฉายภาพวิธีนี้ วัตถุจะถูกสมมติว่าตั้งอยู่ในจตุภาคที่สาม (ดังแสดงในรูปที่ 5.12ก) ระนาบของการฉายภาพจะถือว่าไปร่องใส ภาพฉายจะอยู่ระหว่างวัตถุกับผู้สังเกต เมื่อผู้สังเกตมองวัตถุจากด้านหน้าแนวของกรวยของเห็นจะตัดกับ V.P. รูปที่เกิดขึ้นจากการรวมจุดตัดกันในลำดับที่ถูกต้อง เป็นการมองจากด้านบนของมุมมองด้านบนได้มาในลักษณะที่คล้ายกันโดยดูจากด้านบน เมื่อนำระนาบสองระนาบมาเรียงต่อกันมุมมองจะเห็น (ดังแสดงในรูปที่ 5.12ข) มุมมองด้านบนในกรณีนี้อยู่เหนือมุมมองด้านหน้า

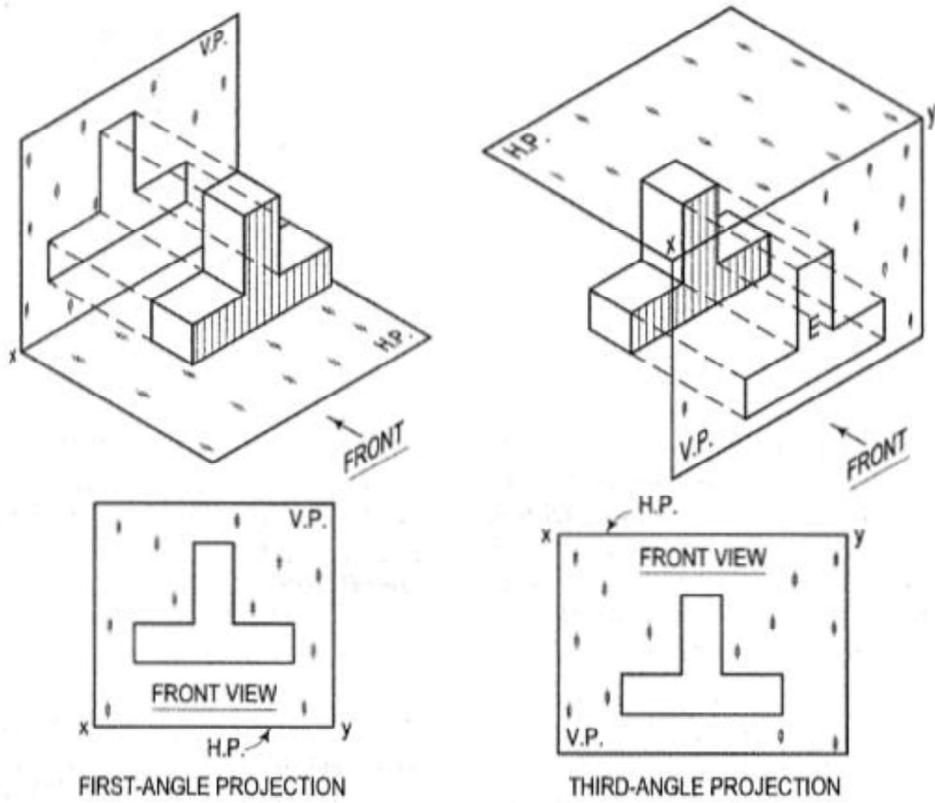


รูปที่ 5.12 การจ่ายภาพมุมที่ 3 (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

5.5.3 เปรียบเทียบการจ่ายภาพมุมที่ 1 และมุมที่ 3

ในขณะที่พิจารณา มุมมองด้านหน้า (ดังแสดงในรูปที่ 5.13) ซึ่งเป็นมุมมองที่มองเห็นจากด้านหน้า โดย H.P. ก็ตัดขึ้นพร้อมกับแนวเส้น xy และในทางกลับกัน xy เป็นตัวแทนของ H.P. เช่นกัน

ในขณะเดียวกัน เมื่อพิจารณา มุมมองด้านบน (ดังแสดงในรูปที่ 5.9) ซึ่งเป็นมุมมองที่ได้จากการมองจากด้านบนแนวเส้น xy ซึ่งแทน V.P. ดังนั้น เมื่อการจ่ายภาพทั้งสองนั้นถูกวัดในความสัมพันธ์ที่ตั้งฉากซึ่งกันและ xy ที่เป็นตัวแทนทั้ง H.P. และ V.P. แนวเส้น xy นี้เรียกว่า **เส้นอ้างอิง** (Reference line) นอกจากนี้ในวิธีการจ่ายภาพมุมที่ 1 มักจะถูกจัดให้อยู่ในแนวเดียวกับพื้นดินบนหรือเหนือกวัตถุที่ตั้งอยู่ ดังนั้นในวิธีนี้ แนวเส้น xy จึงเป็นเส้นตรงสำหรับพื้นดิน



รูปที่ 5.13 นมมองที่มองเห็นจากด้านหน้า (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

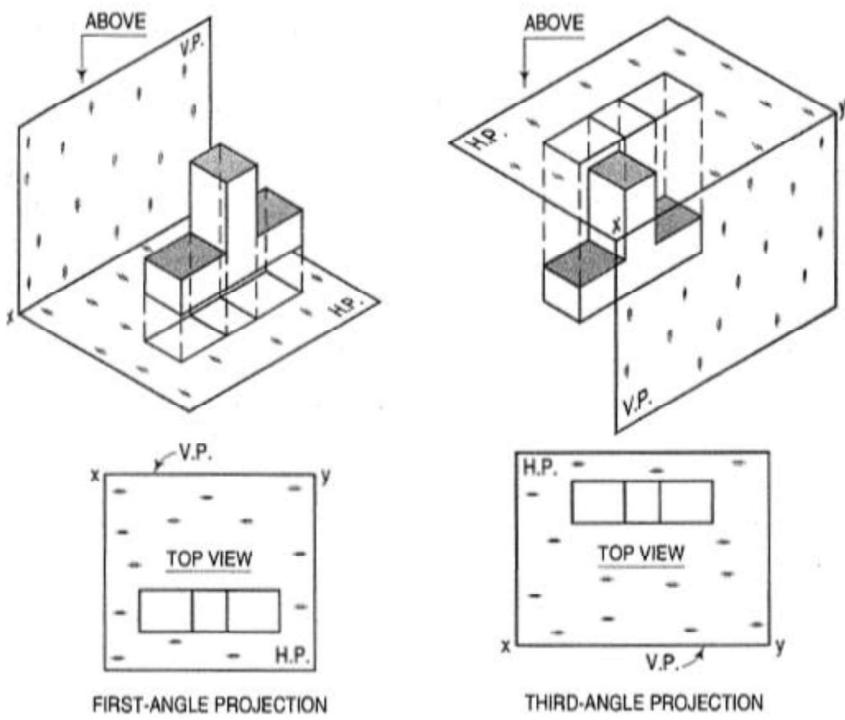
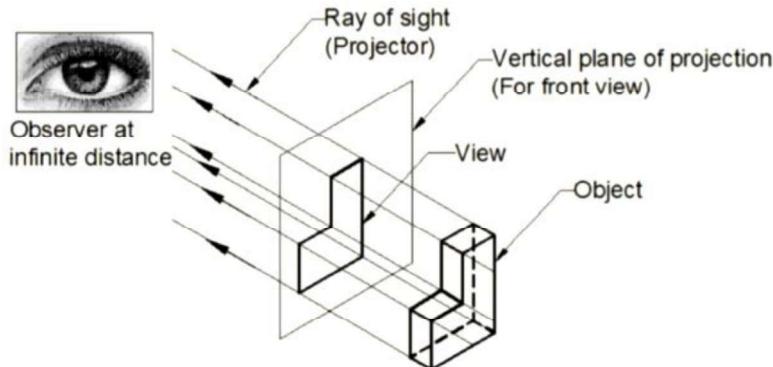


FIG. 8-7

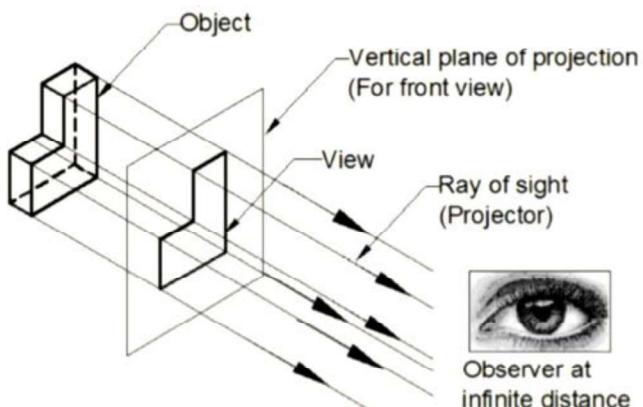
FIG. 8-8

รูปที่ 5.14 นมมองที่มองเห็นจากด้านบน (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

เพื่อให้ได้มุมมองด้านหน้าของวัตถุให้ผู้สังเกตอยู่ในตำแหน่งด้านหน้าวัตถุในระยะไม่จำกัด ปล่อยให้วัตถุถูกมองจากระยะทางที่ไม่มีที่สิ้นสุด ดังนั้นแนวการมองทั้งหมดที่เกิดจากการวัดจะชานานกันในกรณีที่มีการฉายภาพมุมที่ 3 ให้วางระนาบแนวตั้งในจินตนาการระหว่างวัตถุกับผู้สังเกตเพื่อให้แสงที่มองเห็นตัดออกจากระนาบ ในกรณีที่มีการฉายภาพมุมที่ 1 ควรวางระนาบแนวตั้งไว้ด้านหลังวัตถุเพื่อให้แสงทั้งหมดที่มองเห็นถูกตัดออกไป ตามรูปร่างของวัตถุเข้าร่วมกับจุดตัดของระนาบแนวตั้งและแนวของสายตา มุมมองด้านหน้าของวัตถุจะได้รับบนระนาบแนวตั้ง มุมมองทั้งหมดอื่นๆ สามารถรับได้ในลักษณะที่คล้ายกัน ระนาบของการฉายภาพ ดังแสดงในรูปที่ 5.15



(ก) มุมมองที่ได้จากการฉายมุมที่ 1



(ข) มุมมองที่ได้จากการฉายมุมที่ 3

รูปที่ 5.15 ตัวอย่างวิธีการมองภาพฉายด้านหน้า (Md. Roknuzzaman, 2017)

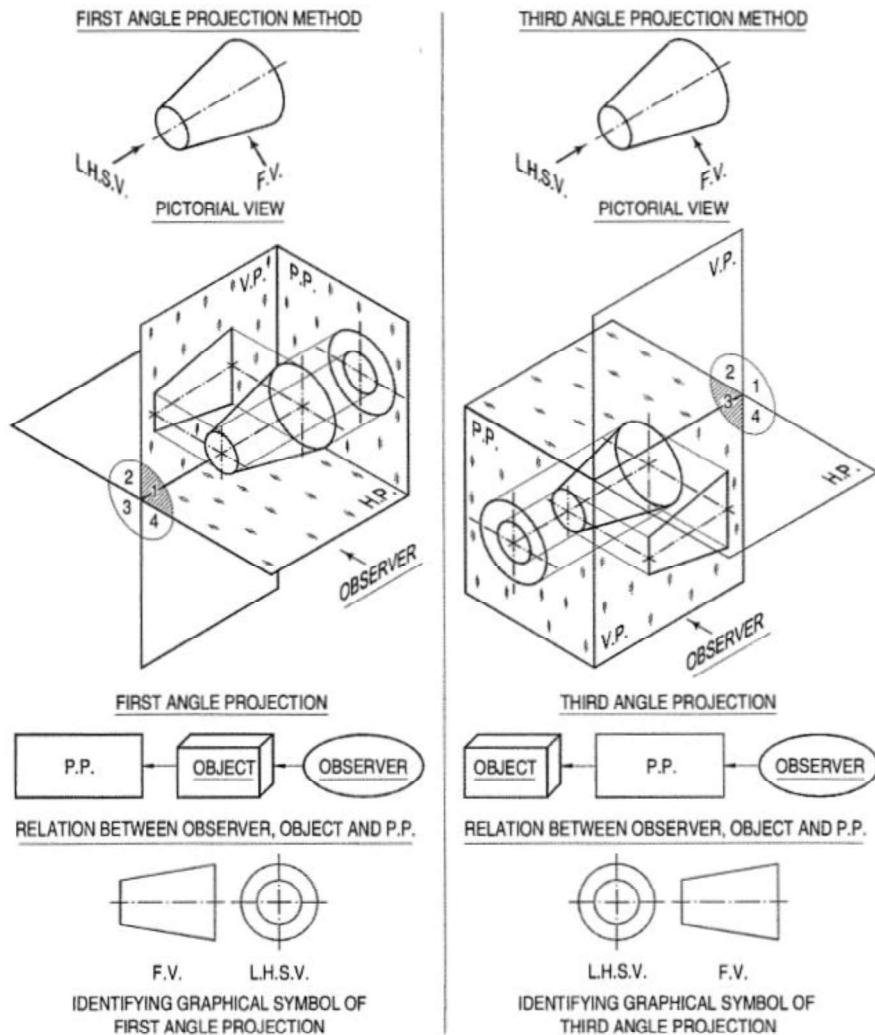
ดังที่ได้กล่าวมาแล้วมุมมองของการฉายภาพ Orthographic เป็นการฉายภาพมุมที่ 1 (ใช้ในประเทศในยุโรป, มาตรฐาน ISO) หรือที่เรียกว่า “ระบบอังกฤษ” หรือการฉายภาพมุมที่ 3 (ใช้ในบังคคลาเทศ, แคนาดา, สหรัฐอเมริกา, ญี่ปุ่น, ไทย) ซึ่งเรียกว่าระบบอเมริกัน โดยสามารถเปรียบเทียบการฉายภาพมุมที่ 1 และมุมที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบการฉายภาพมุมที่ 1 และมุมที่ 3

มุมที่ 1 (First angle)	มุมที่ 3 (Third-angle)
(2) วัดดูจะอยู่ไว้ในจตุภาคแรก (First quadrant)	(1) วัดดูจะถูกสมมติให้อยู่ในจตุภาคที่สาม (Third quadrant)
(3) วัดดูอยู่ระหว่างผู้สังเกตและระนาบ	(2) ระนาบการฉายอยู่ระหว่างผู้สังเกตกับวัตถุ
(4) ระนาบของการฉายภาพถูกสมมติว่าไม่ไปร่องใส	(3) ระนาบของการฉายภาพถูกสมมติว่ามีความไปร่องใส
(5) ในวิธีนี้เมื่อมุมมองถูกวาดในตำแหน่งสัมพัทธ์ ระนาบต่างกว่าระดับความสูงมุมมองของวัตถุที่ สังเกตจากด้านข้างจะถูกเรียนตั้งหากของระดับความสูง	(4) ในวิธีนี้เมื่อความมองในตำแหน่งสัมพัทธ์ ระนาบจะอยู่เหนือระดับความสูง มุมมองด้านข้างมีจะถูกวาดไปทางด้านข้างของมีของระดับความสูง

5.5.4 สัญลักษณ์การฉาย (Symbols for methods of projection)

สัญลักษณ์สำหรับวิธีการฉายภาพ สำหรับทุกกฎปัจดีเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะระบุวิธีการฉายภาพที่นำมาใช้ ดังนั้นทำได้โดยใช้รูปสัญลักษณ์ที่คาดคะยำใน Title block บนแผ่นงาน เรียนแบบ โดยรูปสัญลักษณ์สำหรับวิธีการฉายมุมที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 5.16(ก) ในขณะที่ สำหรับวิธีการฉายมุมที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 5.16(ข)

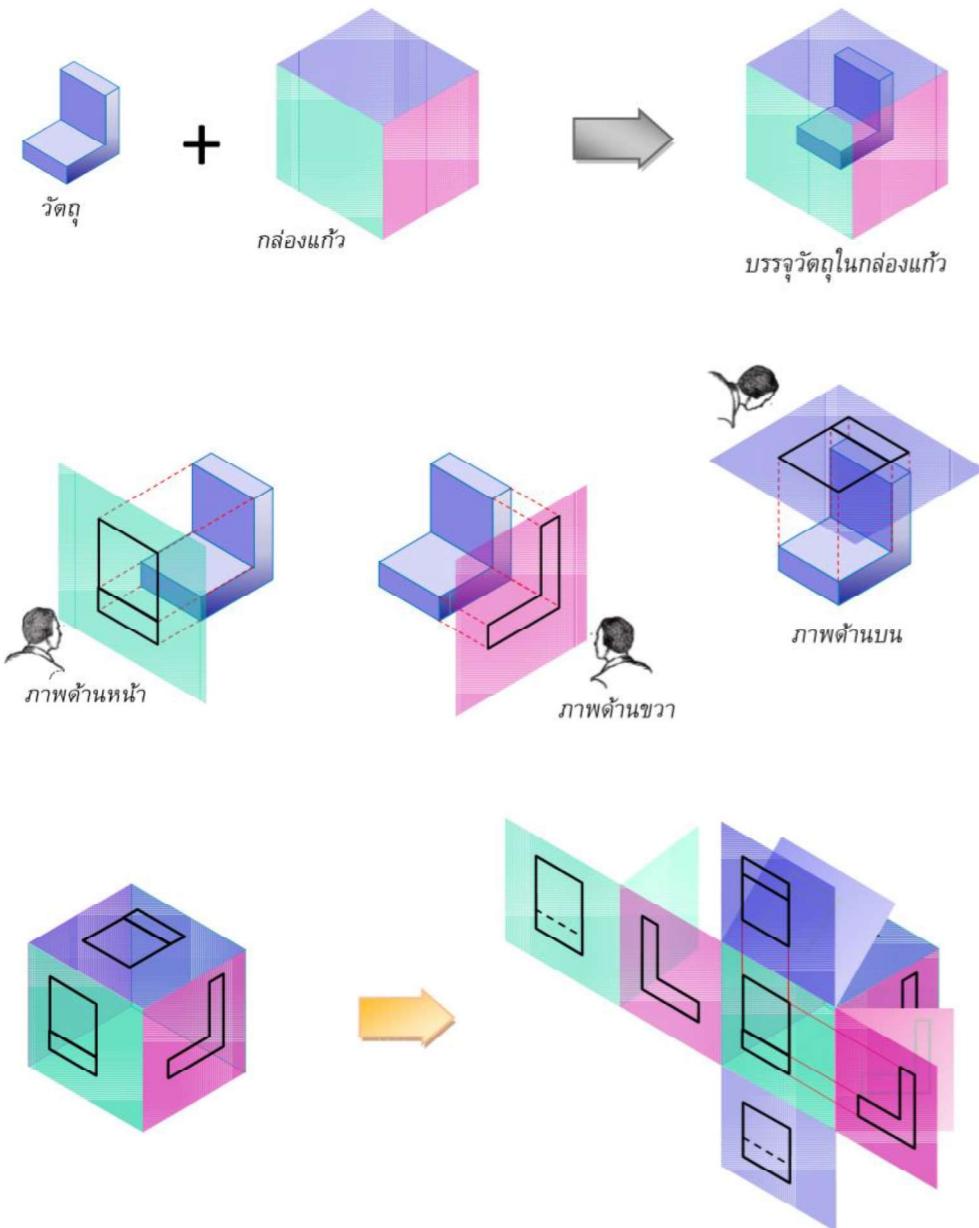


รูปที่ 5.16 สัญลักษณ์สำหรับวิธีการฉายภาพ (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

5.5.5 The Glass Box Method

วิธี Glass Box หรือกล่องแก้วถูกใช้เป็นหลักสำหรับปัญหาทางเรขาคณิต โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการทำความเข้าใจการสร้างมุมมอง Orthographic ซึ่งประดิ่นสำคัญของวิธีนี้ (ดังแสดงในรูปที่ 5.17) คือ

- ผู้เขียนต้องจินตนาการว่าวัตถุนั้นถูกใส่ไว้ใน "กล่อง" ที่หรือเรียกว่า "Glass Box"
- แต่ละมุมมองของวัตถุถูกสร้างขึ้นบนพื้นผิว Glass Box
- เพื่อให้ได้มุมมอง การฉายภาพแบบตั้งฉากจะถูกเขียนที่จุดเริ่มต้นในแต่ละจุดของวัตถุและขยายไปถึงพื้นผิว Glass Box
- Glass Box ถูกจินตนาการว่าเป็นบานพับเพื่อให้สามารถคลื่อออกได้ (คล้ายกระดาษ) กล่องถูกการออกแบบเพื่อจัดเรียงมุมมองต่างๆ

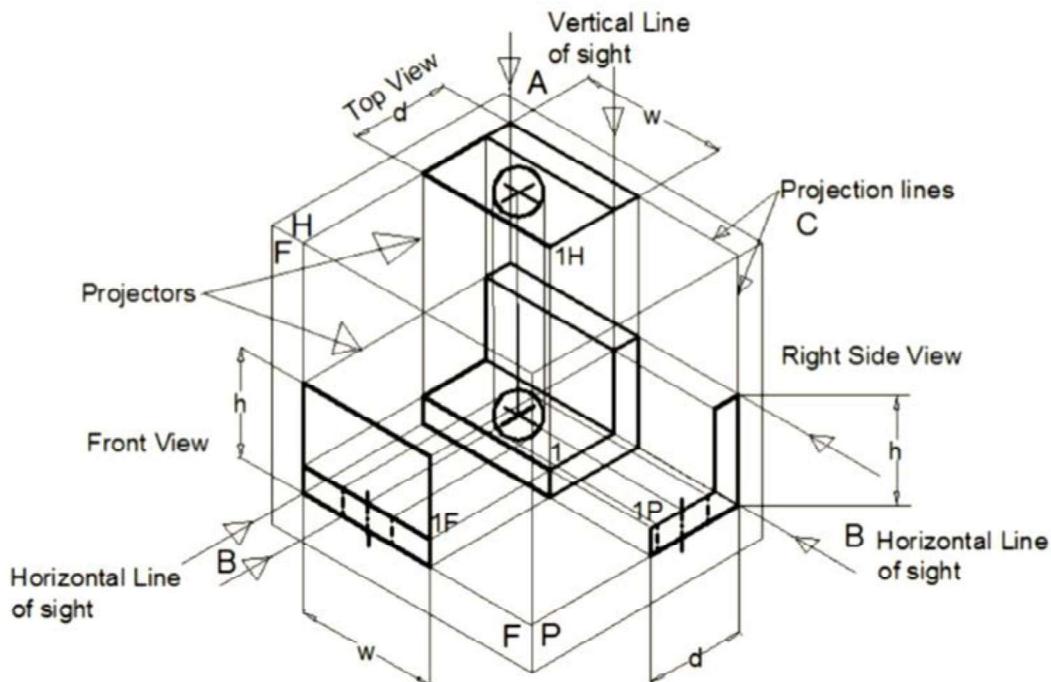


รูปที่ 5.3 หลักการของวิธี Glass box (จิรพงศ์ กสิริทัยคำนวณ, 2550)

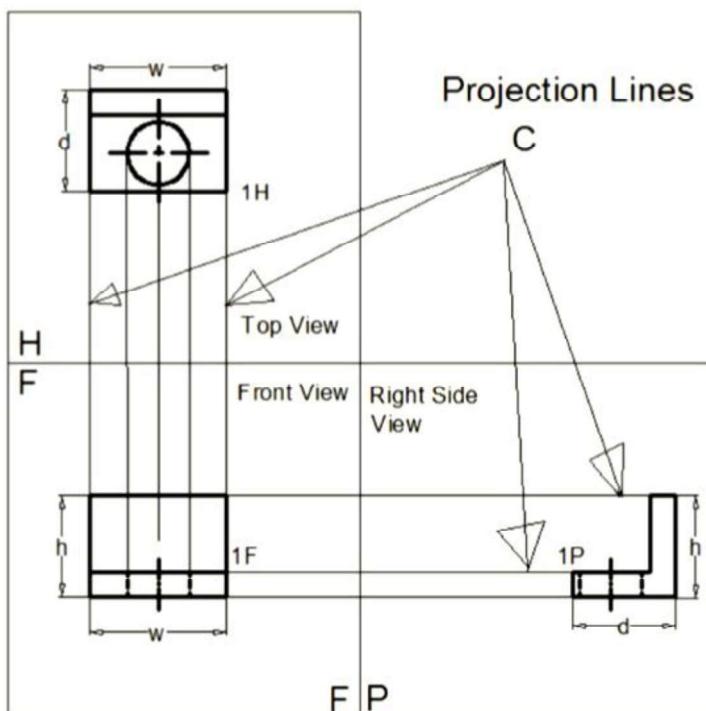
เส้นสายตาในแนวตั้ง (A) และเส้นแนวนอน (B) ถือว่าเป็นจุดที่ไม่มีลักษณะ เส้นสายตาตั้ง จากกับระนาบของการฉายภาพเสมอ โดยมีพื้นผิวของกล่องแก้ว (ด้านบน ด้านหน้า และ ด้านขวา) เส้นสาย (C) เชื่อมต่อจุดเดียวกันบนระนาบการฉายจากมุมมองไปยังมุมมอง เสมอที่มุมขวา มีการฉายจุดขึ้นบนระนาบการฉายซึ่งจะตัดระนาบของภาพนั้น (ดังแสดง ในรูปที่ 5.18) จุดที่ 1 ซึ่งหมายถึงมุมที่หนึ่งของวัตถุที่กำหนดให้รับการฉายไปยังระนาบ ภาพลักษณะภาพ เมื่อตัดระนาบแนวนอน (ระนาบบนของการฉายภาพ) จะถูกระบุว่า

เป็น 1H เมื่อมันตัดกับระนาบด้านหน้า (ระนาบด้านหน้าของการฉายภาพ) จะถูกกระนุ่ง
เป็น 1F และที่มันตัดระนาบด้านขวาของ การฉายภาพ จะเรียกว่า 1P ดังแสดงในรูปที่

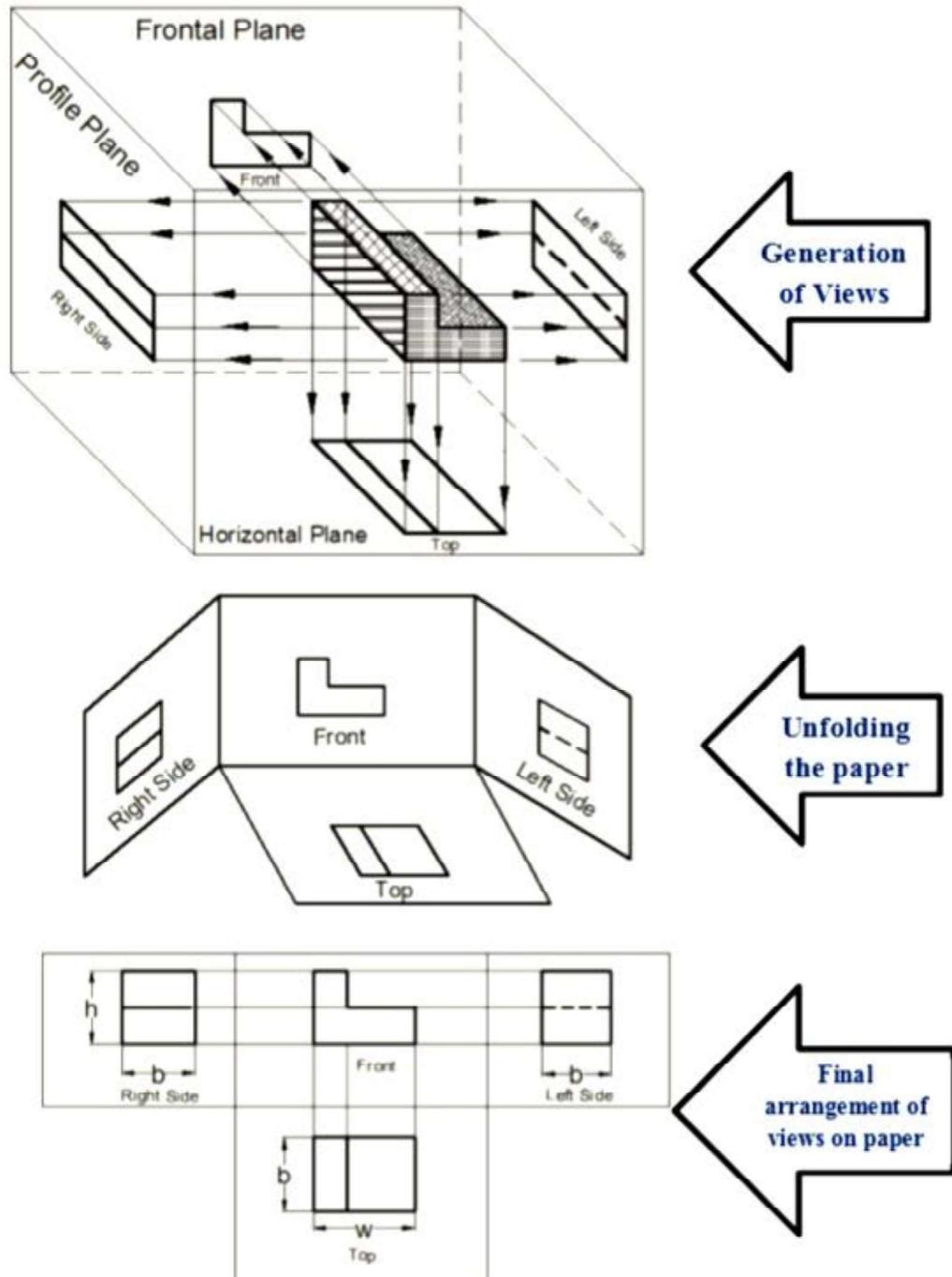
5.19



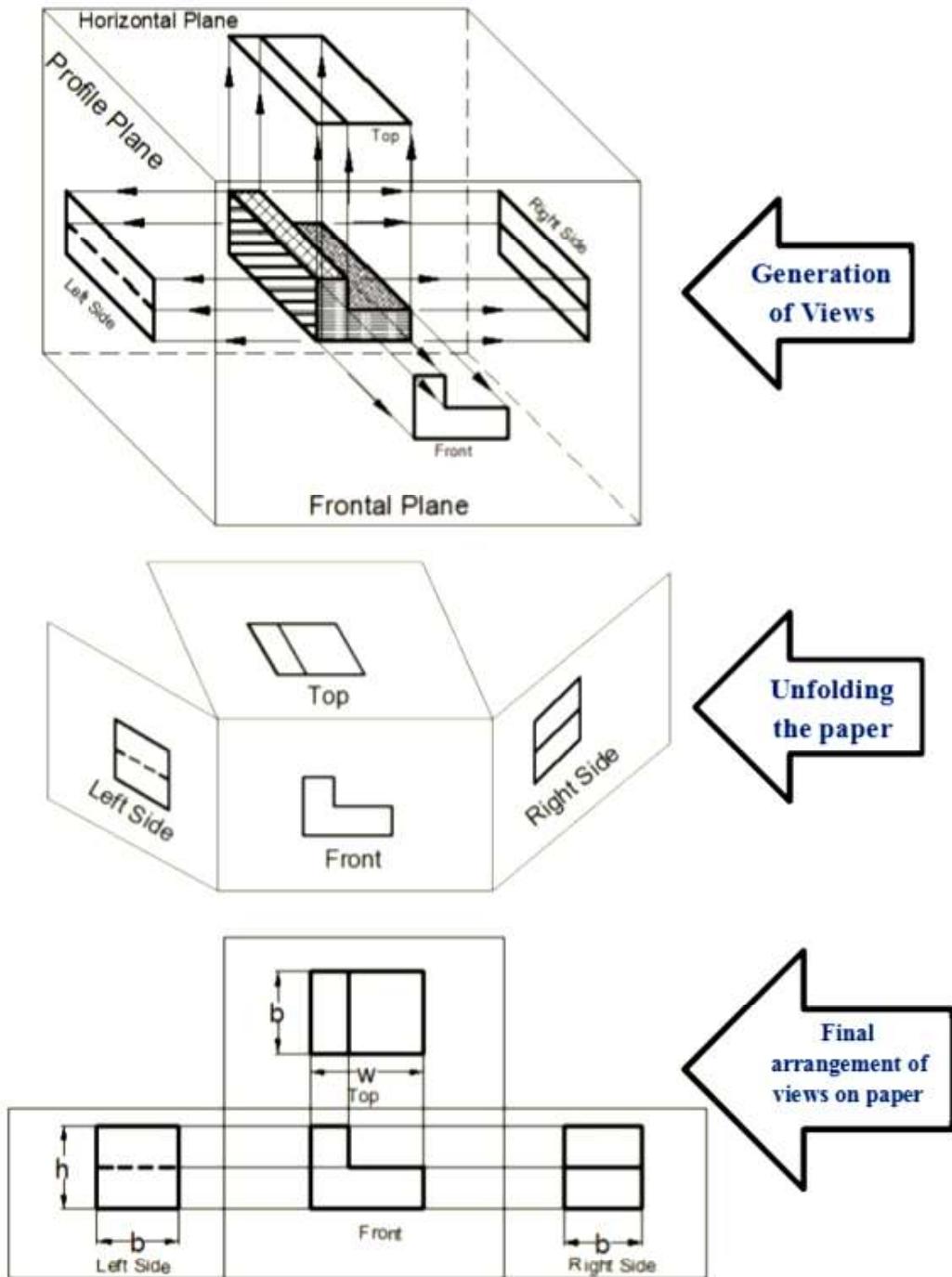
รูปที่ 5.18 การฉายจุดขึ้นบนระนาบการฉายในวิธี Glass Box (Md. Roknuzzaman, 2017)



รูปที่ 5.19 ภาพฉายด้านบน ด้านหน้า และด้านขวาจากวิธี Glass Box (Md. Roknuzzaman, 2017)



รูปที่ 5.20 หลักการนองภาพฉายมุมที่ 1 ด้วยวิธี Glass box (Md. Roknuzzaman, 2017)



รูปที่ 5.21 หลักการรวมภาพฉายมุมที่ 3 ด้วยวิธี Glass box (Md. Roknuzzaman, 2017)

5.5.6 มุมมอง 6 ด้านของวัตถุ (Six views of an Object)

องค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการของระบบการฉายภาพ คือ

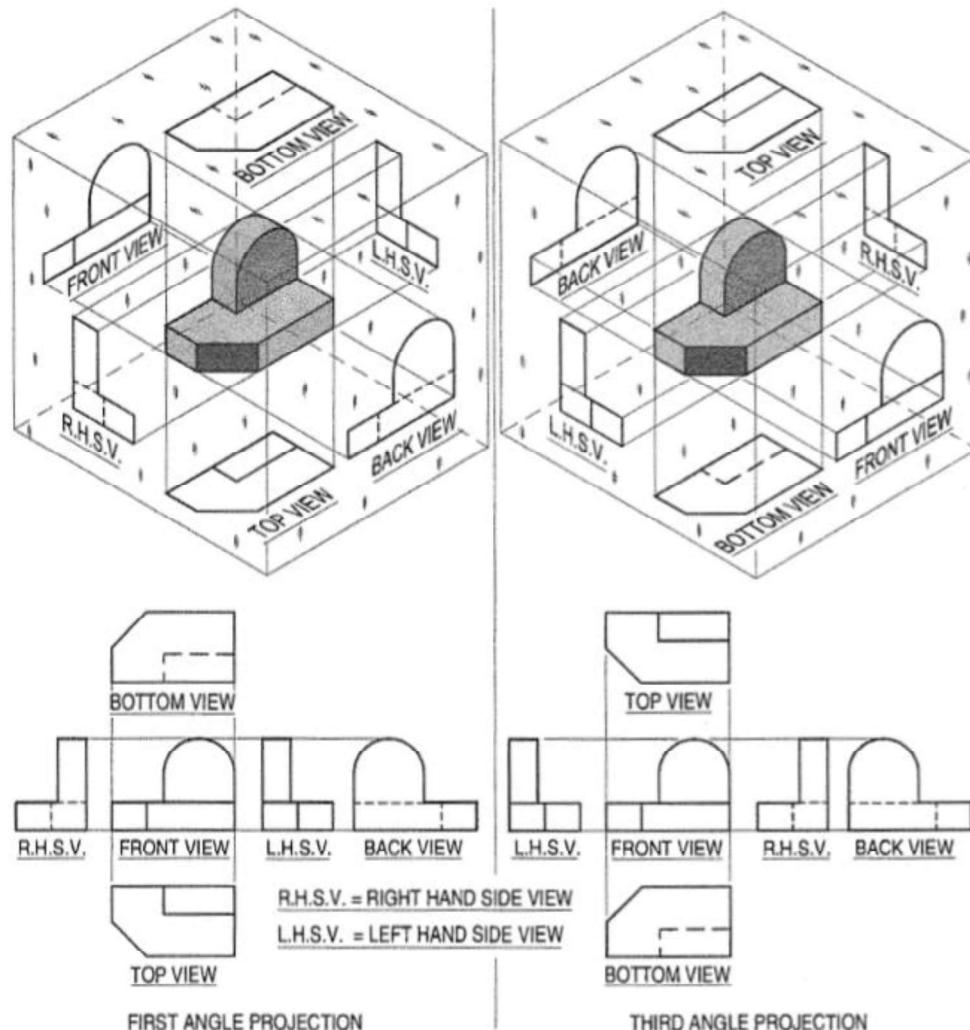
- วัตถุ (Object)
- ระนาบการฉาย (Plane)

- ผู้สังเกต (Observe)

ป้องครั้งที่มุ่งมองสองด้านไม่เพียงพอที่จะอธิบายวัตถุได้อย่างสมบูรณ์ ระนาบของการ
ชายเป็นจินตภาพหลังจาก ได้วับมุ่งมอง 6 มุ่งมอง ซึ่งได้แก่

- มุ่งมองด้านหน้า (Front view)
- มุ่งมองด้านบน (Top view)
- มุ่งมองด้านซ้ายมือ (Left hand side view, L.H.S.V)
- มุ่งมองด้านขวา (Right hand side view, R.H.S.V)
- มุ่งมองด้านหลัง (Back view)
- มุ่งมองด้านล่าง (Bottom view)

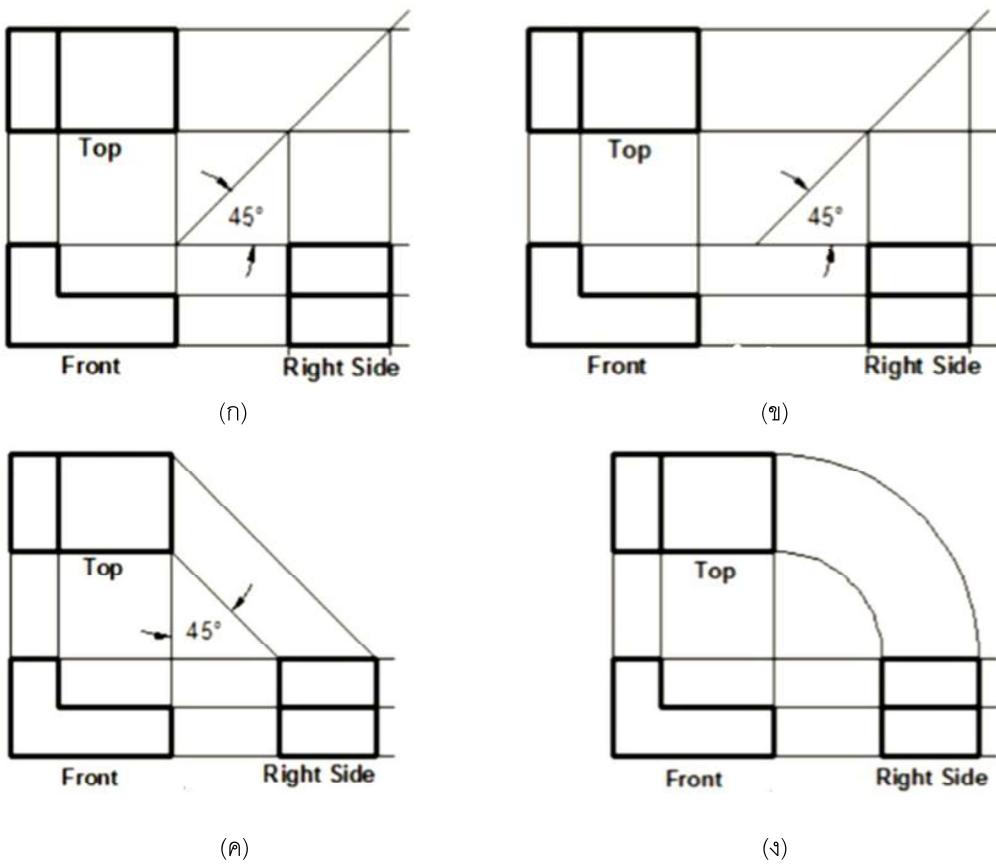
การฉายภาพเหล่านี้จะถูกฉายบนระนาบที่เกี่ยวข้องด้วยวิธีการฉายภาพมุมที่ 1 และมุม
ฉายภาพมุมที่ 3 (ดังแสดงในรูปที่ 5.22) โดยปกติเพียงมุ่งมองสองมุ่งมอง คือ มุ่งมอง
ด้านหน้า และมุ่งมองด้านบนจะต้องเขียนขึ้น และอีกสองมุ่งมอง คือ L.H.S.V. หรือ
R.H.S.V. หากจำเป็นมาก็ต้องอธิบายวัตถุอย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้ในการนีพิเศษเมื่อวัตถุมี
ลักษณะที่ซับซ้อนมาก มุ่งมองที่ 5 หรือ 6 อาจจำเป็นต้องเขียนขึ้นเดียวกัน



รูปที่ 5.22 มุมมอง 6 ด้านของวัตถุ (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

5.6 วิธีการเขียนภาพฉายหลายด้าน (Methods of projecting multi-views)

มีหลายวิธีในการฉายมุมมองในการฉายภาพแบบ Orthographic ใน การฉายภาพมีความสัมพันธ์ ของมุมมองที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปจะเริ่มต้นจากมุมมองด้านหน้าก่อนจากนั้นมุมมองด้านบน และด้านข้างจะถูกเขียนจากเส้นต่อแนวตั้งและแนวนอนจากมุมมองด้านหน้าและมุมมองด้านบน สามารถทำได้โดยใช้ไม้เท้า, ไม้บรรทัดสามเหลี่ยม และ วงเวียน (สำหรับวิธีการตามรูปที่ 5.23(ก) เท่านั้นที่ต้องใช้เข็มทิศ) ดังแสดงในรูปที่ 5.23



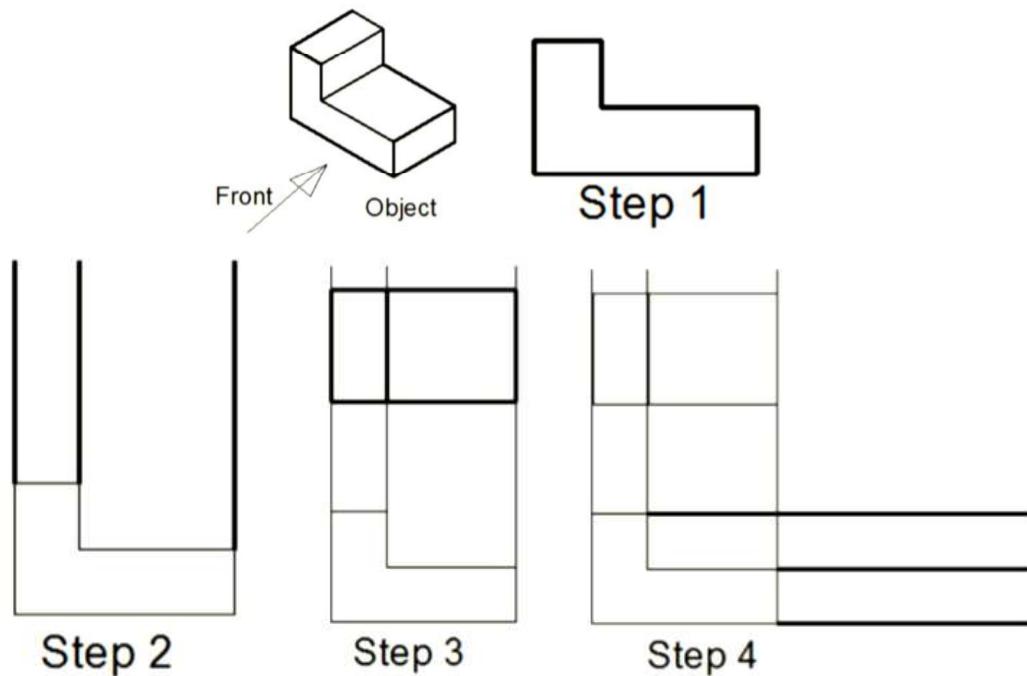
รูปที่ 5.23 วิธีการขยายมุมมองในการขยายภาพแบบ Orthographic (Md. Roknuzzaman, 2017)

ระยะห่างระหว่างมุมมองในกรณีที่รูปที่ 5.14(ก) จะเท่ากัน ในกรณีที่รูป 5.14 (ข) ระยะห่างระหว่างมุมมองด้านหน้าและด้านขวาจะกว้างกว่ามุมมองด้านหน้าและด้านบน ระยะห่างระหว่างมุมมองจะต้องมีการพิจารณาหรือตัดสินใจล่วงหน้า อย่างไรก็ตามระยะห่างระหว่างมุมมองขึ้นอยู่กับพื้นที่สำหรับการเขียนแบบ ชื่อมุมมอง และบันทึกป้อมฯ โดยควรมีพื้นที่เพียงพอเพื่อให้มีมิติเพื่อหลีกเลี่ยงความแออัดและควรหลีกเลี่ยงพื้นที่มากเกินไป โดยทั่วไปเป็นต้องมีการเว้นวรรด 30 มม. - 40 มม.

ขั้นตอนสำหรับการขยายมุมมองด้วยวิธีเส้นทแยงมุมของการขยายมุมที่ 3 ขั้นตอน (ดังแสดงในรูปที่ 5.24 และรูปที่ 5.25) ดังนี้

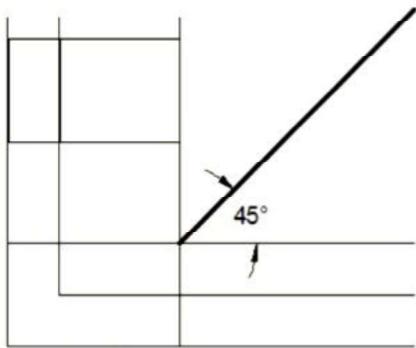
- (1) วาดมุมมองด้านหน้าบนกระดาษเขียนแบบ
- (2) ต่อเส้นขยายภาพขึ้นในแนวตั้งจากทุกมุมมองด้านหน้าทั้งหมดที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง
- (3) วาดมุมมองด้านบนตามรูปร่างของวัตถุภายใต้ขอบเขตที่ล้อมรอบด้วยเส้นแนวตั้งที่ขยายจากด้านหน้า

- (4) ฉายเส้นแนวโนนจากทุกมุมของด้านหน้าทั้งหมดที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง
- (5) วาดเส้นทแยงมุม (เส้นที่มุม 45° กับแนวโนน) โดยใช้มั่บราห์ดสามเหลี่ยม ดำเนินการขึ้นอยู่กับความต้องการของระยะห่างระหว่างมุมมองด้านข้างและมุมมองด้านหน้า หากจำเป็นต้องเว้นระยะห่างเท่ากันเส้นควรอยู่ที่มุมของมุมมองด้านหน้า
- (6) ฉายเส้นแนวโนนไปยังเส้นทแยงมุมจากทุกจุดของมุมมองด้านบนที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เส้นเหล่านี้จะตัดเส้นแนวทแยง
- (7) จากทุกจุดของการตัดกันวาดเส้นตั้งจากไปยังเส้นฉายแนวโนนที่ลากมาจากมุมมองด้านหน้า
- (8) พื้นที่สำหรับมุมมองด้านข้าง (ซ้ายหรือขวา) จะถูกล้อมรอบ วาดรูปร่างของมุมมองซ้าย/ขวา
- (9) ลบเส้นที่ไม่จำเป็นออกและทำรูปให้สมบูรณ์

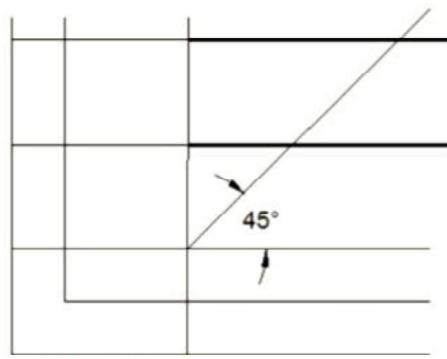


รูปที่ 5.24 ขั้นตอนสำหรับการฉายมุมมองด้วยวิธีเส้นทแยงมุม ขั้นตอนที่ 1-4

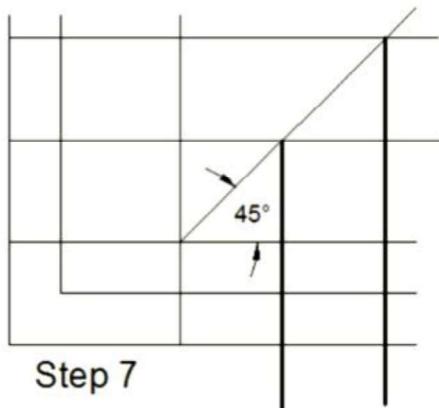
(Md. Roknuzzaman, 2017)



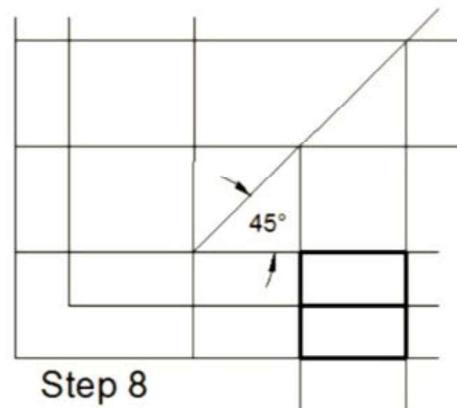
Step 5



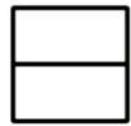
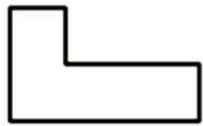
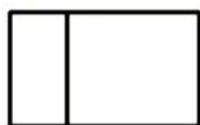
Step 6



Step 7



Step 8



Step 9

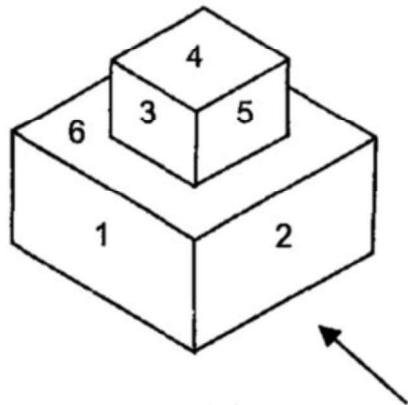
รูปที่ 5.25 ขั้นตอนลำหัวบการ rajamumมองด้วยวิธีเส้นทแยงมุม ขั้นตอนที่ 5-9

(Md. Roknuzzaman, 2017)

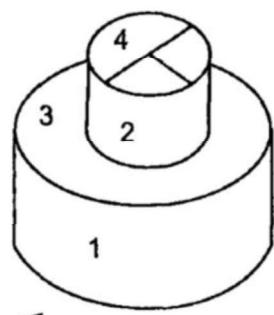
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5

(1) จงเขียนภาพชาย 3 ด้านจากวุปสามมิติต่อไปนี้

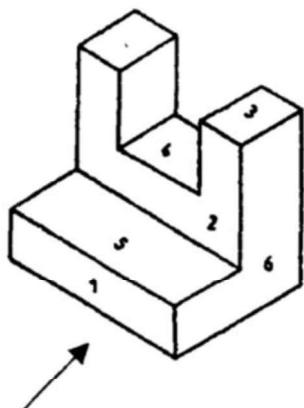
(a)



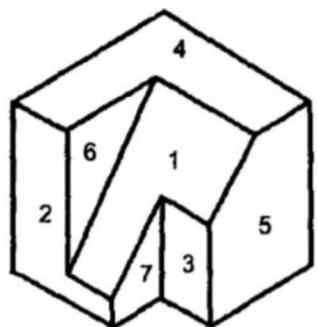
(b)



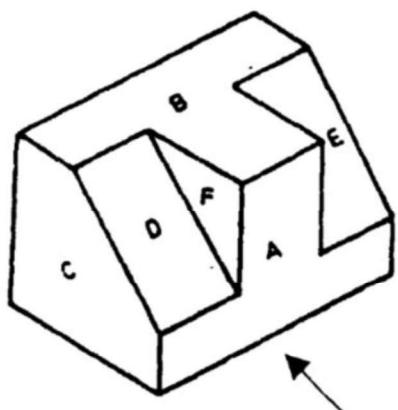
(c)



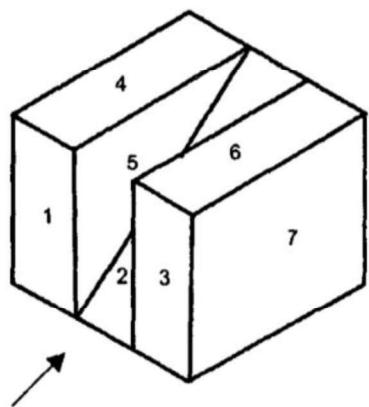
(d)



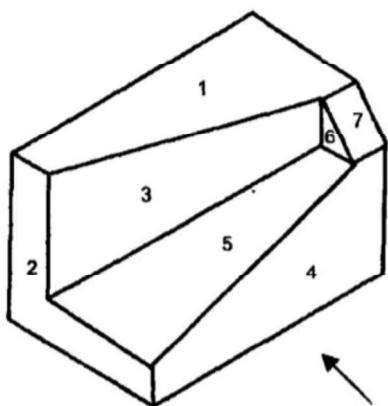
(e)



(f)



(g)



(2) จงจับคู่และเขียนหมายเลขภาพที่เหมาะสมในช่องสี่เหลี่ยมที่กำหนดให้

FRONT VIEWS

①

SIDE VIEWS

②

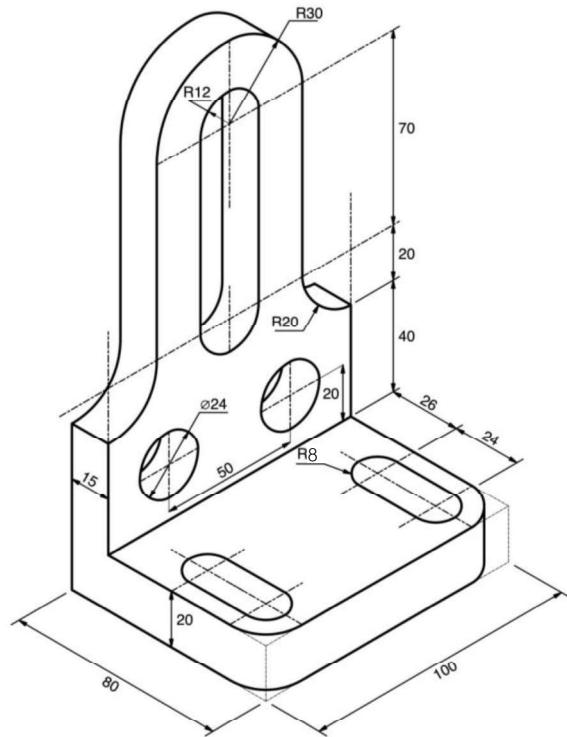
TOP VIEWS

③

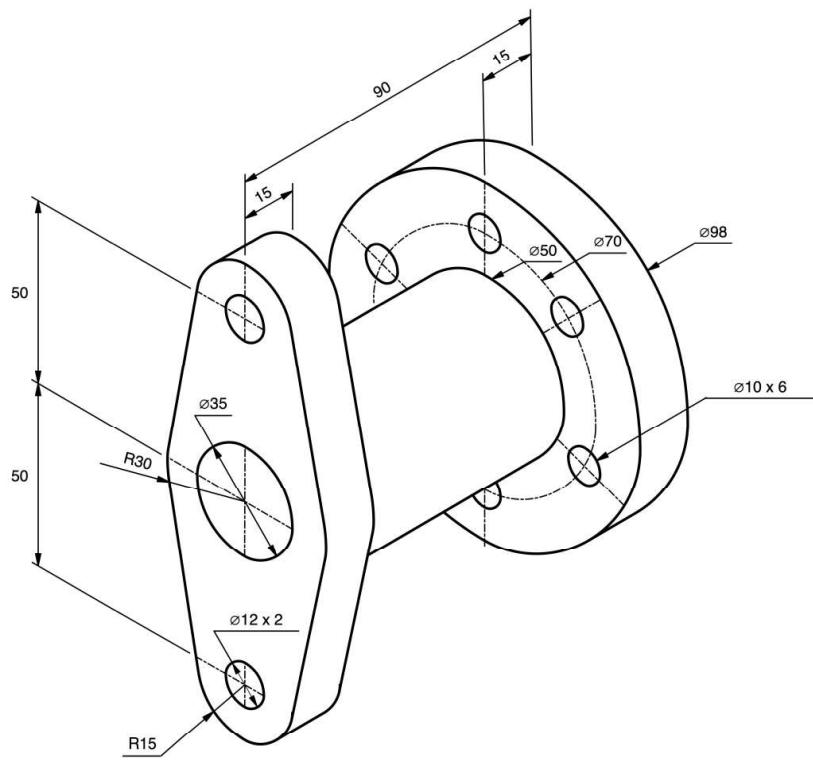
④

(3) จงเขียนภาพฉาย Orthographic 3 ด้าน (Multi-view) จากรูปสามมิติต่อไปนี้

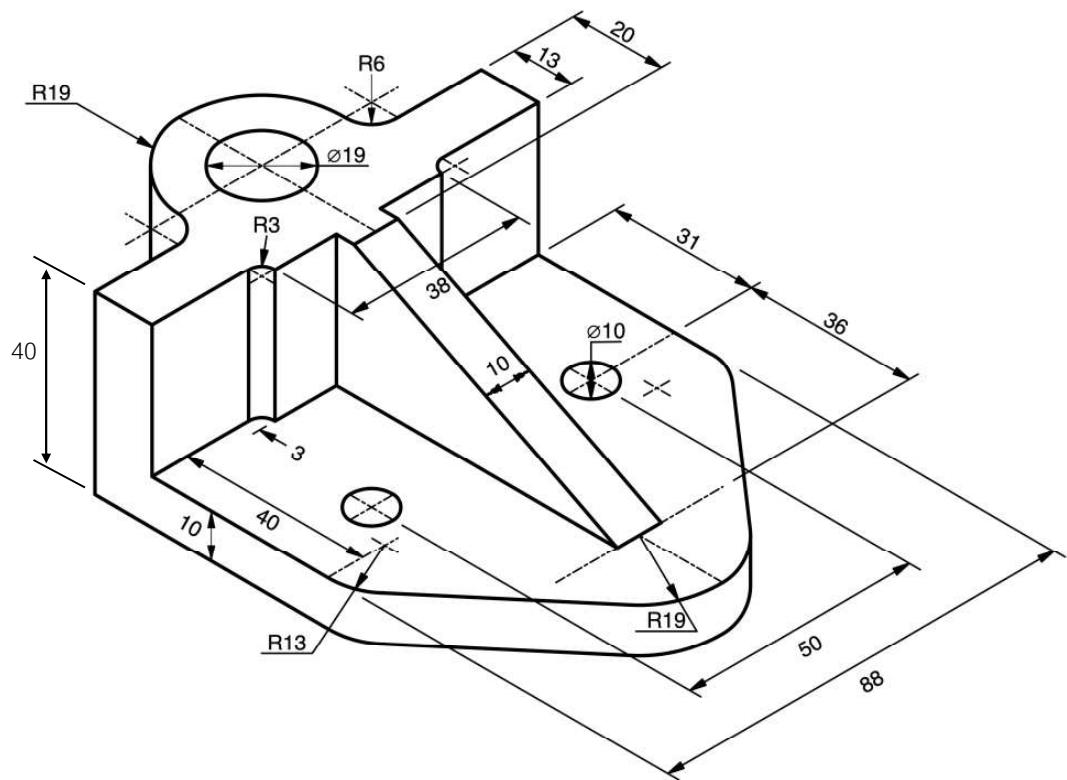
(a)



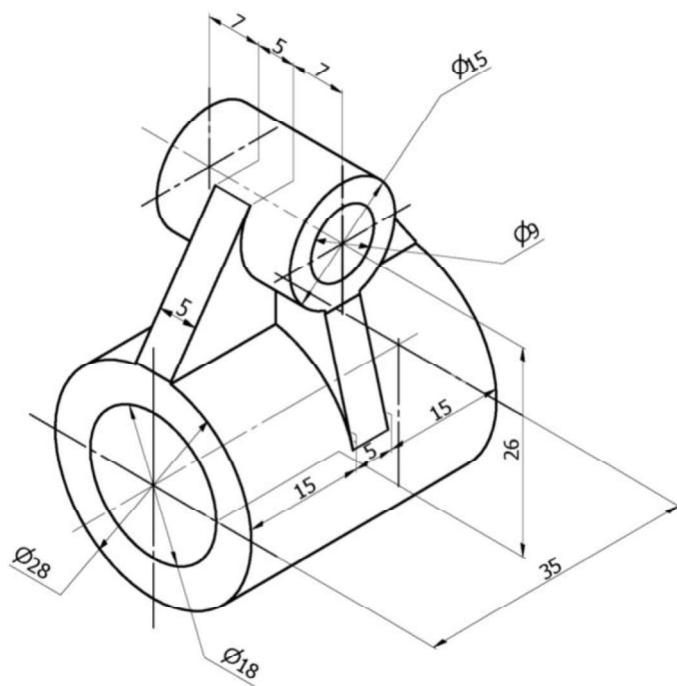
(b)



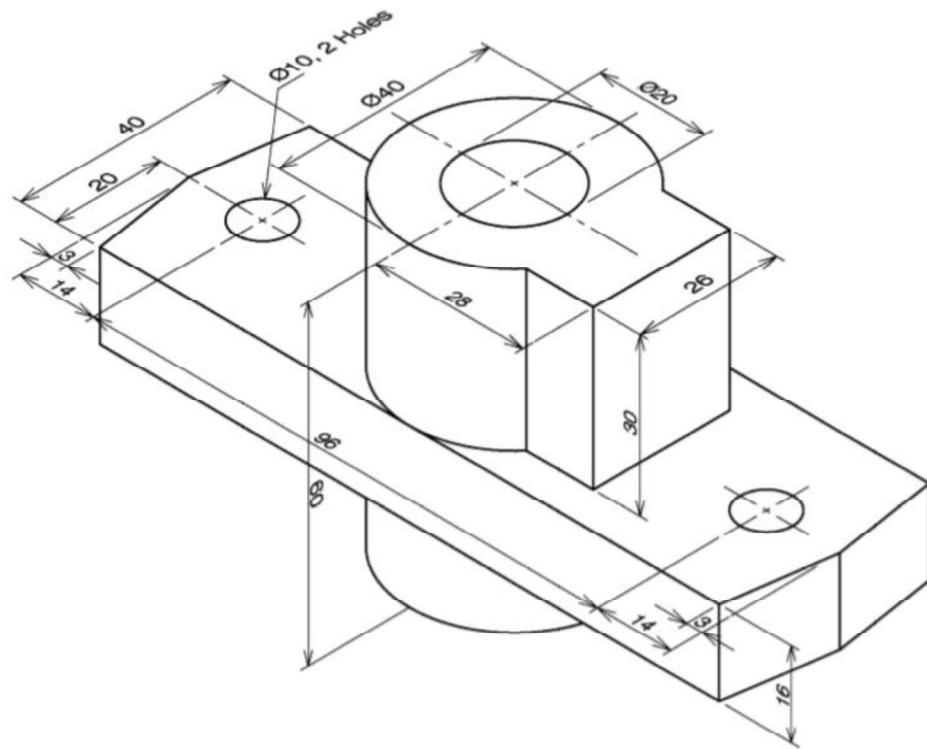
(c)



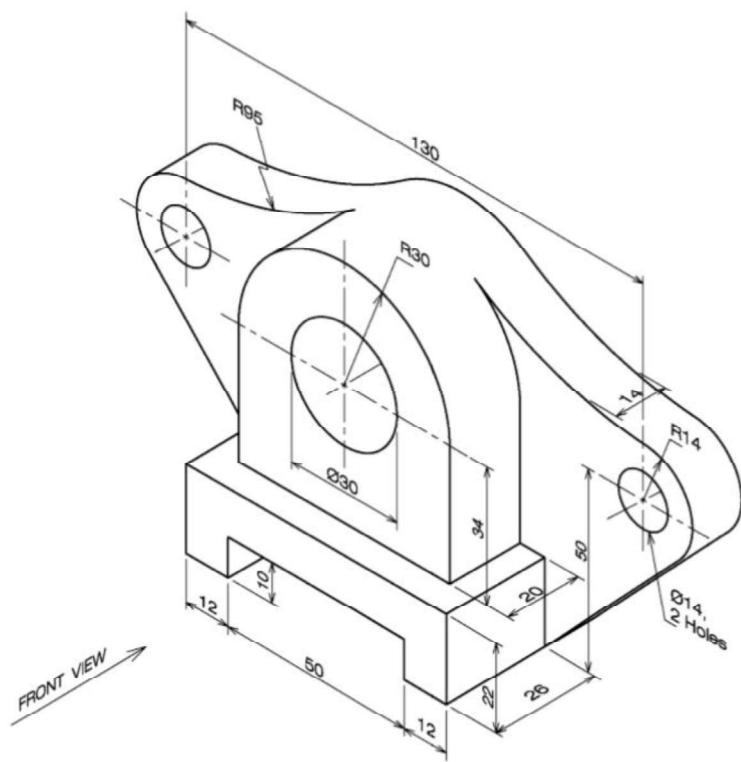
(d)



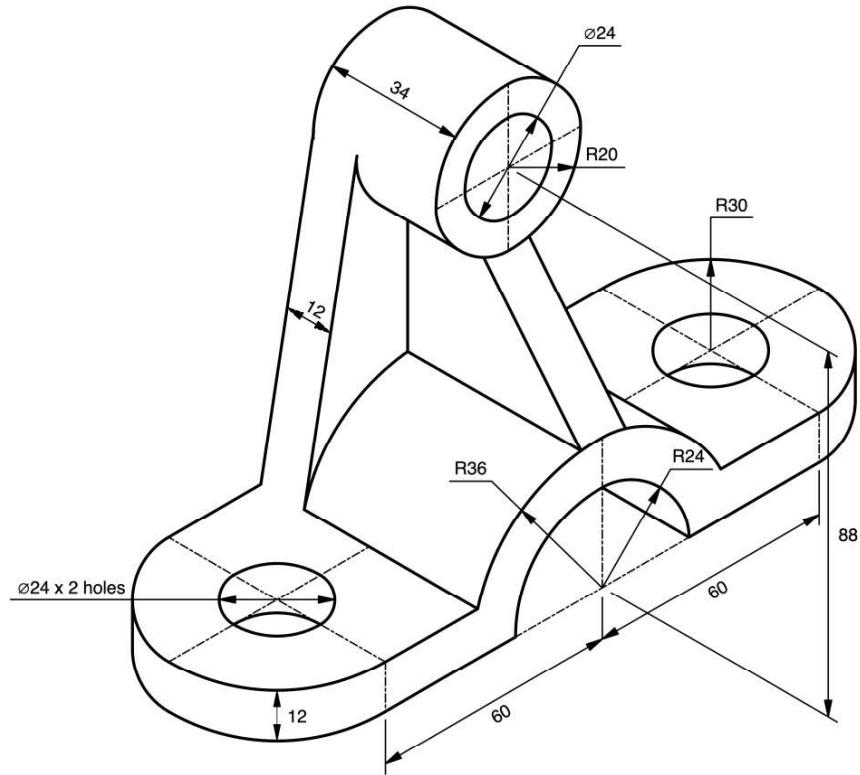
(e)



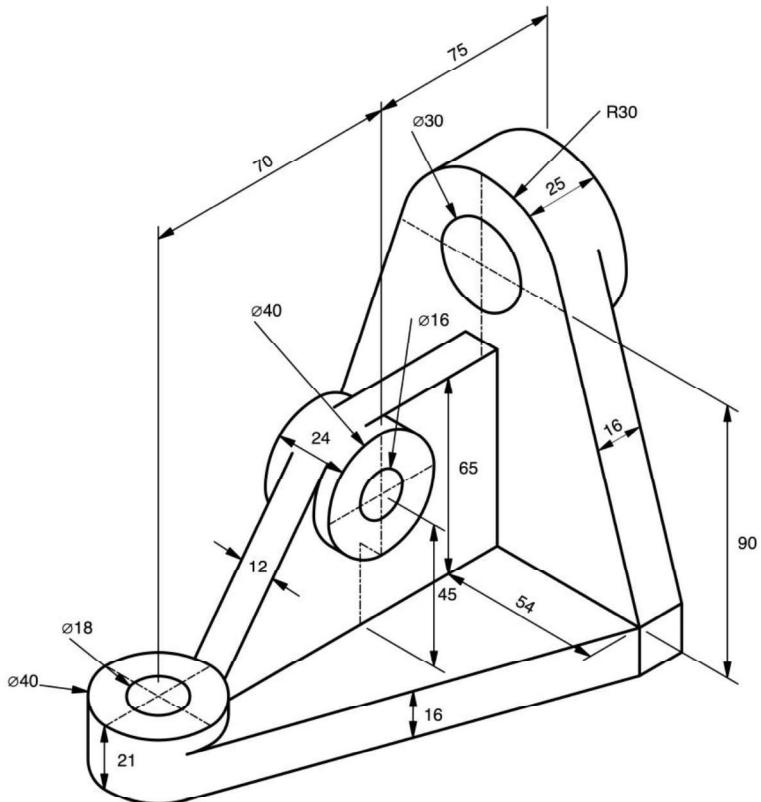
(f)



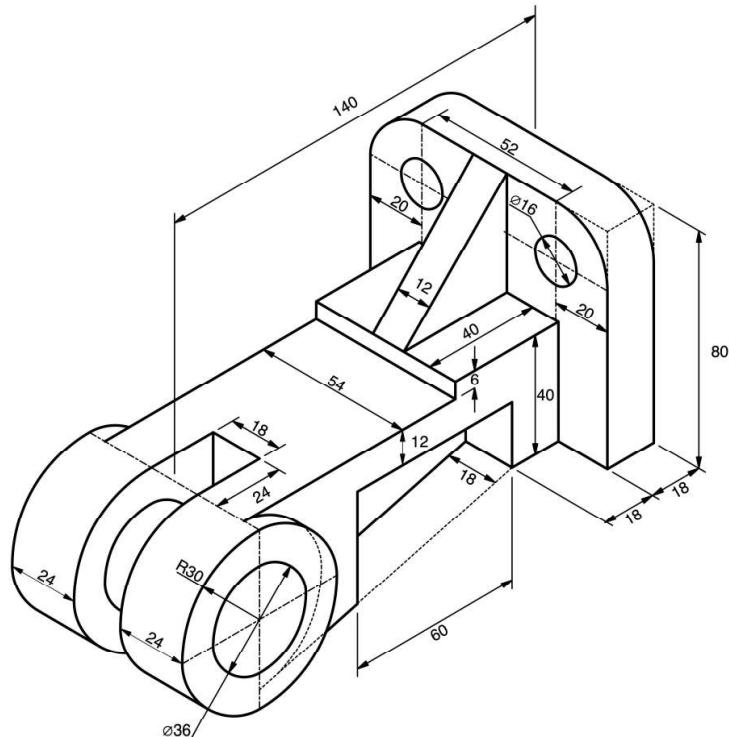
(g)



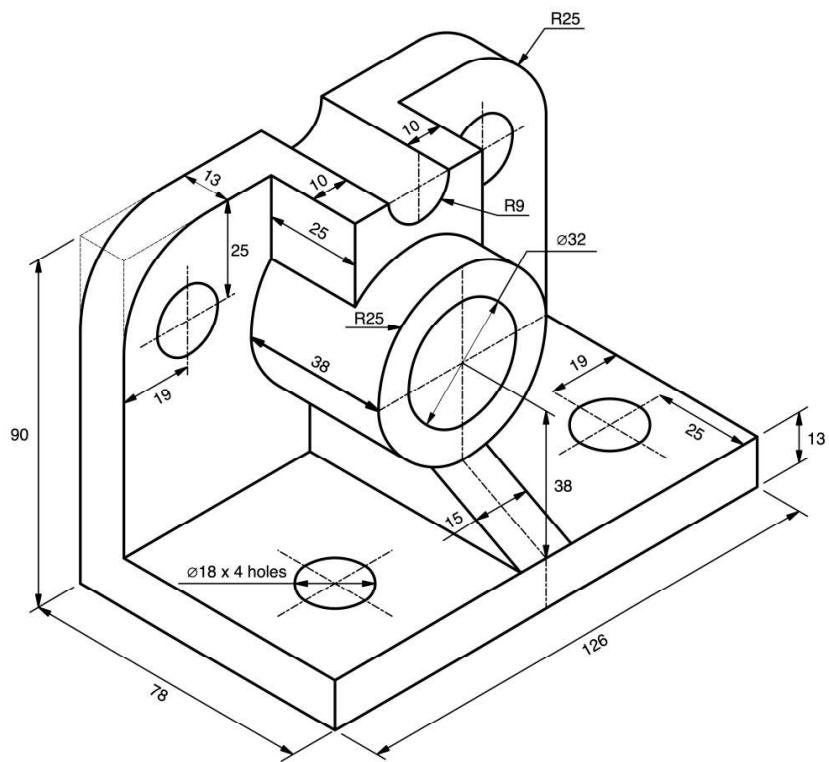
(h)



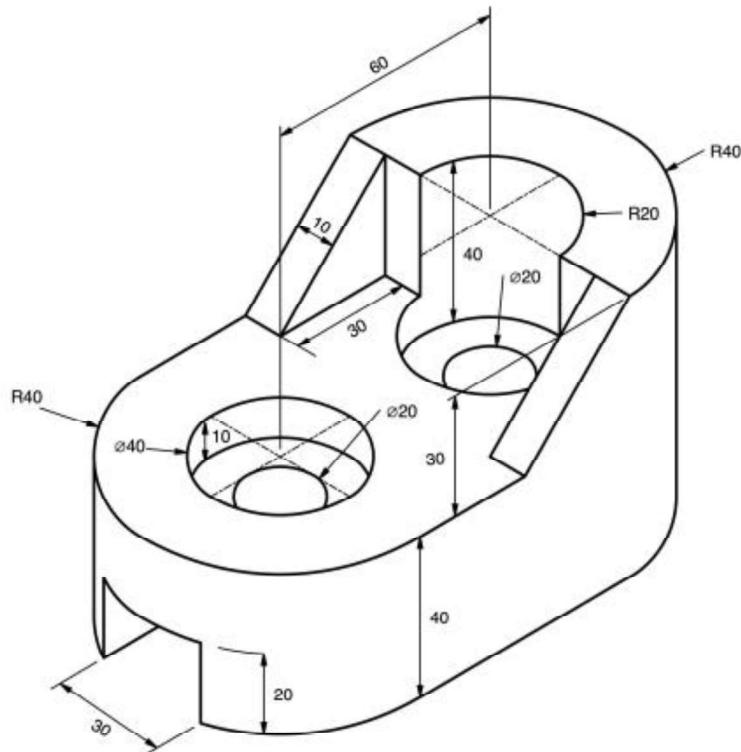
(i)



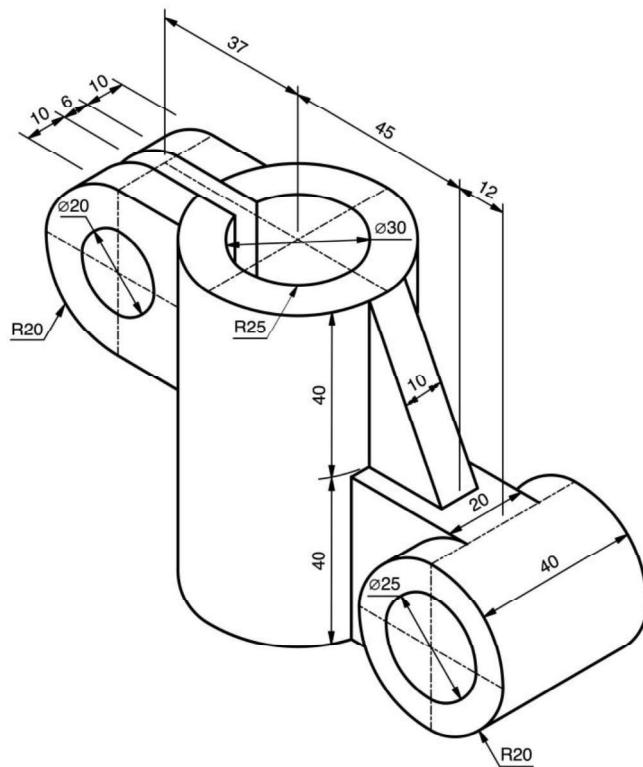
(j)



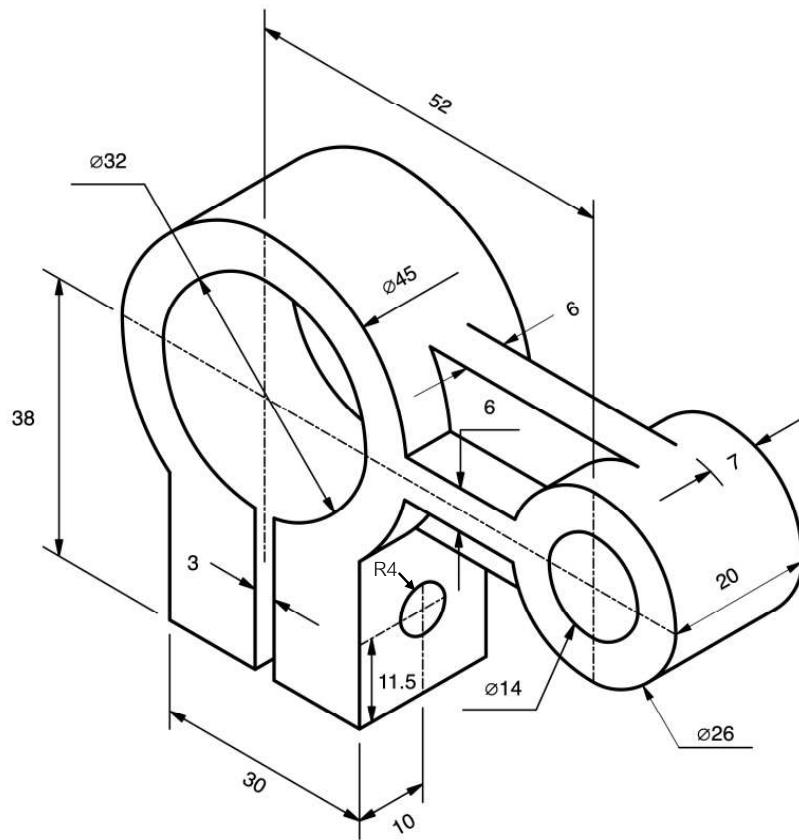
(k)



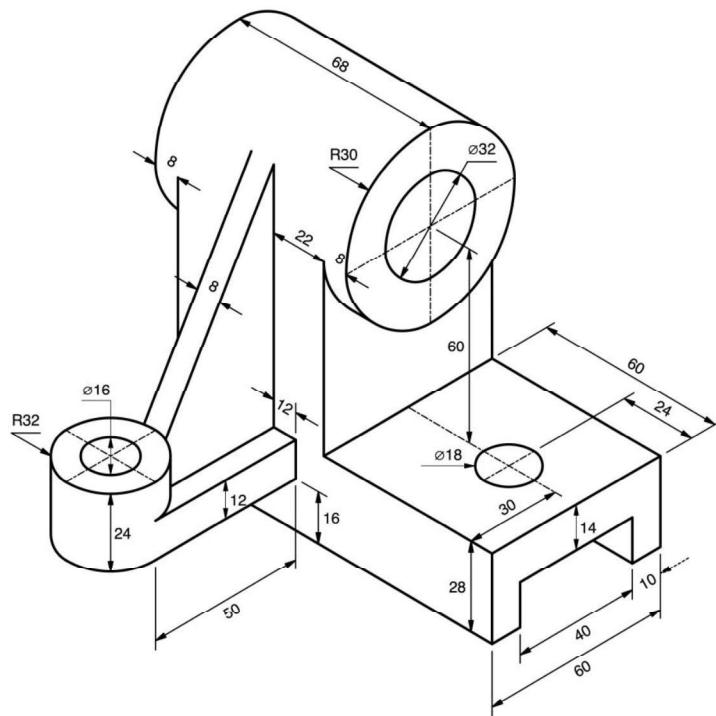
(l)



(m)



(n)



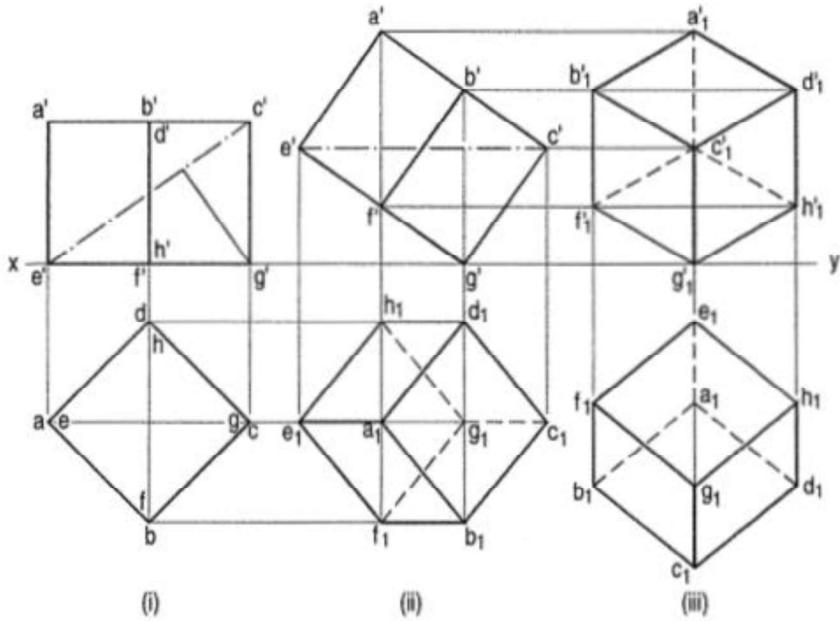
บทที่ 6

การเขียนภาพ Pictorial

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 5 การฉายภาพ Pictorial เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งเป็นตัวแทนของวัตถุด้วย มุมมองภาพที่เหมือนดั้งเดิม ในวิธีการนี้เป็นการฉายภาพวัตถุสามมิติ (3 Dimension) โดยจะ ถูกนำเสนอบนระนาบการฉายภาพด้วยมุมมองเดียวเท่านั้น ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการเขียน ภาพ Isometric, Oblique และ Perspective (เบื้องต้น) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

6.1 ภาพฉายแบบ Isometric (Isometric projection)

การฉายภาพ Isometric เป็นรูปแบบหนึ่งของการฉายภาพวัตถุแข็งสามมิติ ซึ่งไม่เพียงแต่แสดง ภาพในมุมมองเดียว ยังสามารถวัดขนาดจริงได้โดยตรงหากสมมติให้วัตถุเป็นทรงลูกบาศก์ไว้ก็ หมุนให้มุมหนึ่งบนพื้นดินโดยมีเส้นที่แยกมุมตั้งจากกับ V.P. มุมมองด้านหน้าคือ มุมที่มีมิติเท่ากัน ของลูกบาศก์ ดังแสดงในรูปที่ 6.1

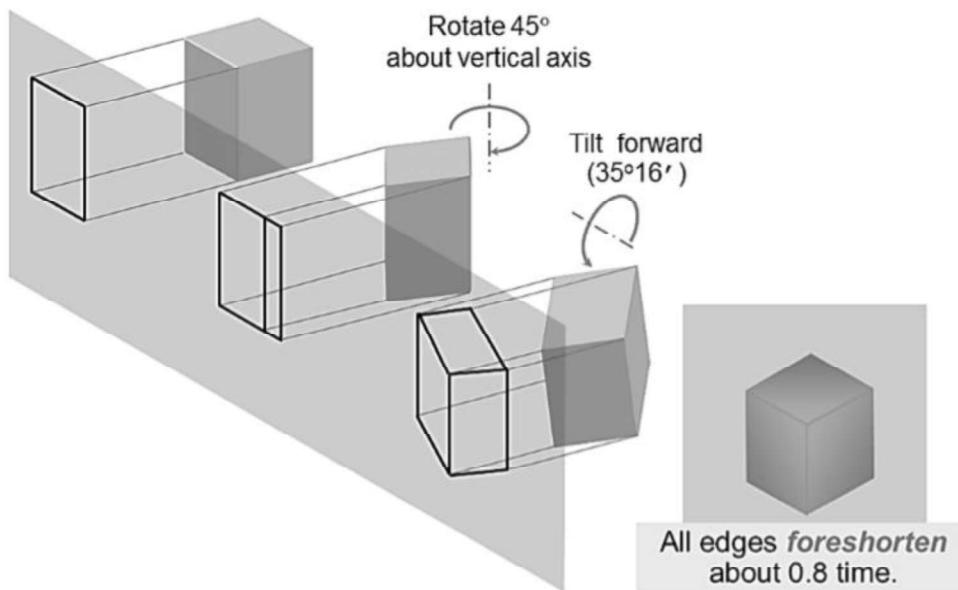


รูปที่ 6.1 หลักการสร้างภาพ Isometric (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.1.1 หลักการฉายภาพ Isometric (Principle of Isometric Projection)

การฉายภาพ Isometric คือ การฉายภาพ Orthographic แต่เป็นการได้มาในลักษณะที่ แกนหลักทั้งหมดถูกขยายในมุมมองเดียวกันโดยลดความยาวลงในสัดส่วนเดียวกัน วัตถุจะ

ถูกวางแผนเพื่อให้แกนหลักเอียงไปทางระนาบของการฉาย กล่าวอีกนัยหนึ่งมุมมองด้านหน้าของลูกบาศก์ที่วางอยู่ที่มุมใดมุมหนึ่ง คือ การฉายภาพ Isometric ของลูกบาศก์ (ดังที่แสดงในรูปที่ 6.2) เมื่อเปรียบเทียบกับการฉายภาพแบบ Orthographic วัตถุจะถูกหมุนด้วย 45° ด้านหน้าของมันจากนั้นเอียงไปข้างหน้าหรือข้างหลังด้วยมุม $35^\circ 16'$ จากนั้นมุมมองจะถูกวดขึ้นมาและนั่นคือมุมมองภาพ Isometric แต่เมื่อวัตถุถูกเอียงความยาวทั้งหมดที่ฉายบนระนาบจะสั้นลง และทำให้วัตถุนั้นถูกทำให้สั้นลงในการฉายภาพ Isometric ด้วยเห็นกัน

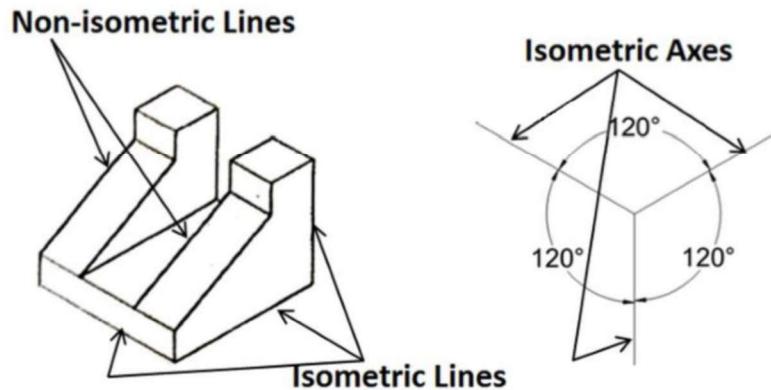


รูปที่ 6.2 ตำแหน่งของวัตถุในการฉายภาพ Isometric (Md. Roknuzzaman, 2017)

6.1.2 แนวเส้นในการฉายภาพ Isometric (Lines in Isometric Projection)

กฎสำหรับการนำเสนอนโยบายเส้นในการฉายภาพ Isometric ดังนี้

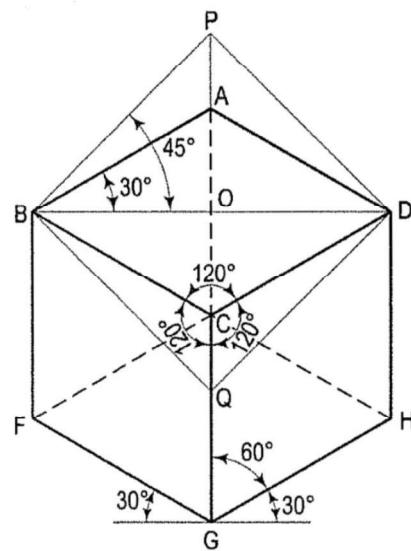
- เส้นที่ขนานกันบนวัตถุนั้นจะขนานกับแนวในการฉายภาพ Isometric
- เส้นแนวตั้งบนวัตถุจะปรากฏเป็นแนวตั้งในแนวฉายภาพ Isometric
- เส้นแนวนอนบนวัตถุถูกการที่มุม 30° กับแนวนอนในการฉายภาพ Isometric
- เส้นขนานกับแกนภาพ Isometric เรียกว่า “Isometric line” จะถูกย่อให้เหลือ 82% (ดังแสดงในรูปที่ 6.3)
- เส้นที่ไม่ขนานกับแกนภาพ Isometric ไดๆ เรียกว่า “Non-isometric line” และขอบเขตของการแบ่งส่วนภาพของเส้น Non-isometric line นั้นแตกต่างกันหากความเอียงของเส้นนั้นกับระนาบแนวตั้งนั้นแตกต่างกัน (ดังแสดงในรูปที่ 6.3)



รูปที่ 6.3 แนวเส้นและแกนของการฉายภาพ Isometric (Md. Roknuzzaman, 2017)

6.1.3 มาตราส่วน Isometric (Isometric scale)

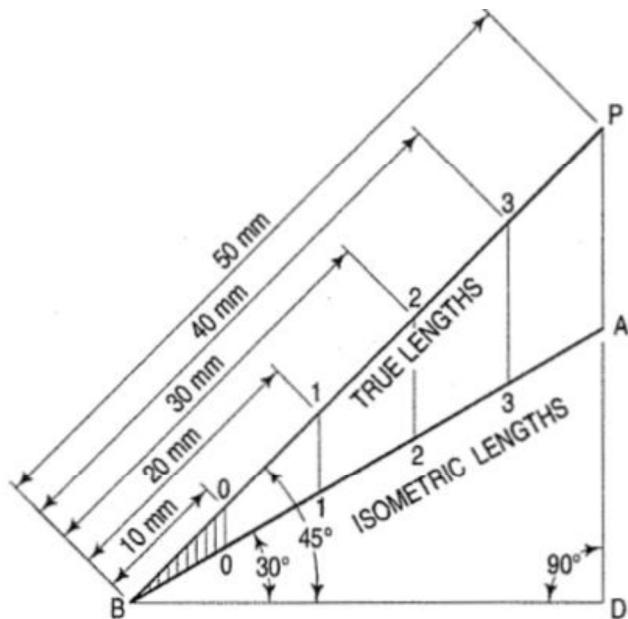
เมื่อขอบทั้งหมดของลูกบาศก์ถูกตัดทอนอย่างเท่ากัน รูปทรงสี่เหลี่ยมจั่งถูกมองว่าเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนพิจารณา รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ABCD ซึ่งแสดงการฉายภาพ Isometric ของรูปทรงสี่เหลี่ยมจั่วทั้งหมดของลูกบาศก์ โดย BO คือ ความยาวจริงของเส้นทั้งหมด สร้าง BQDP สี่เหลี่ยมรอบๆ BO เป็นเส้นทั้งหมด จากนั้น BP แสดงความยาวจริงของ BA ดังนั้นจะได้ความยาวของภาพฉาย Isometric เท่ากับ 0.815 ของระยะจริง ดังแสดงในรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.4 มาตราส่วนของการฉายภาพ Isometric (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

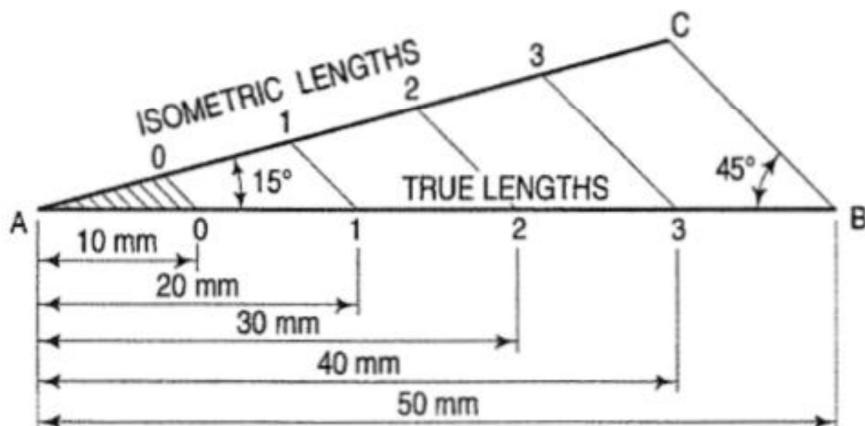
ดังนั้นในขณะที่วาดภาพการฉายภาพ Isometric จึงมีความจำเป็นต้องแปลงความยาวที่แท้จริงเป็นความยาวแบบภาพ Isometric สำหรับการวัดและการทำเครื่องหมายขนาดสามารถทำได้อย่างสะดวกโดยการใช้มาตราส่วนแบบ Isometric เมื่อวาดเส้นแนวนอน

BO ทุกความยาว (ดังแสดงในรูปที่ 6.5) ปลายของ B วัดเส้น BA และ BP เช่น เส้น OBA = 30° และเส้น OBP = 45° ทำเครื่องหมายส่วนที่มีความยาวจริงบนบรรทัด BP และจากแต่ละจุดแบ่งส่วนให้วัดแนวตั้งไปยังเส้น BD หน่วยที่วัดได้บนเส้น BA คือความยาวตามมาตราส่วน Isometric ดังแสดงในรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 มาตราส่วนแบบ Isometric (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

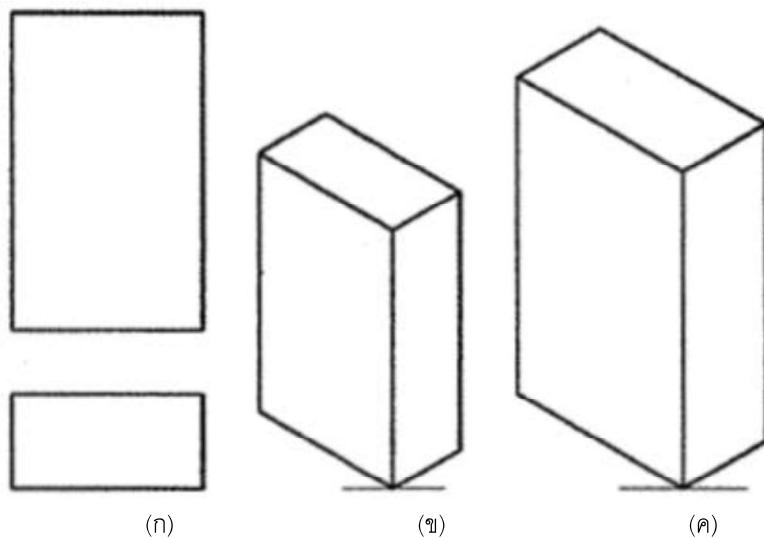
มาตราส่วน Isometric ข้างต้นนี้อาจถูกวัดด้วยส่วนของมาตราส่วนปกติบนเส้นแนวโน้ม AB (ดังแสดงในรูปที่ 6.6) ในปลายของจุด A และ B วัดเส้น AC และ BC ทำมุม 15° และมุม 45° กับ AB ตามลำดับและตัดกันที่ C



รูปที่ 6.6 แนวเส้นและแกนของการฉายภาพ Isometric (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.1.4 การวาดภาพ Isometric (Isometric drawing)

จากภาพชาย Orthographic (ดังแสดงในรูปที่ 6.7(ก)) การย่อส่วนของเส้น Isometric line ในการชายภาพ Isometric ดังมุมมองที่แสดงในรูปที่ 6.7(ค) โดยจะมีรูปร่างเหมือนกัน แต่มีสัดส่วนมากกว่า (ประมาณ 22.5%) ที่ได้จากการใช้มาตราส่วนแบบ Isometric (ดังแสดงในรูปที่ 6.7(ข)) เนื่องจากความสะดวกในการสร้างรูปภาพและความได้เปรียบในการวัดขนาดโดยตรงจากการวาด จึงถูกยกให้เป็นวิธีปฏิบัติทั่วไปในการใช้มาตราส่วนที่แท้จริง แทนมาตราส่วนแบบ Isometric เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนมุ่งมองที่wardด้วยมาตราส่วนที่แท้จริง หรือเรียกว่า การวาดภาพ Isometric (Isometric drawing) หรือการชายภาพ Isometric (Isometric projection) กล่าวอีกนัยหนึ่งขอบแนวตั้งจะแสดงโดยเส้นแนวตั้งในขณะที่ขอบแนวนอนจะแสดงด้วยเส้นทำให้มุม 30° กับแนวนอน เส้นเหล่านี้ถูกวาดด้วยไม้ที่และไม้บรรทัดสามเหลี่ยม $30^\circ - 60^\circ$



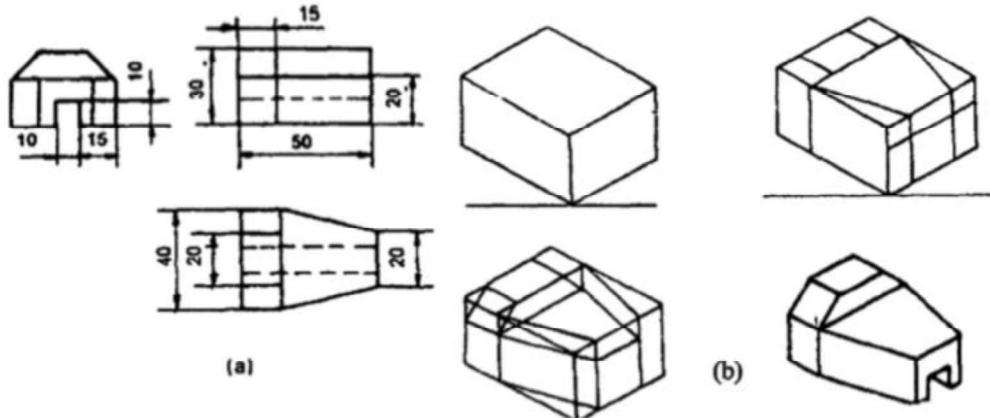
รูปที่ 6.7 การชายภาพ Isometric (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.2 วิธีการเขียนภาพ Isometric (Isometric Drawing)

วิธีการสร้างภาพวาด Isometric โดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ (1) วิธีกล่อง (Box method) และ (2) วิธีอฟเซ็ท (Off-set method) โดยทั้งสองวิธีนั้นเส้นแนวตั้งจะถูกวาดในแนวตั้งและเส้นแนวนอนจะถูกวาดเอียง 30° กับเส้นฐาน (Base line) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

6.2.1 Box Method

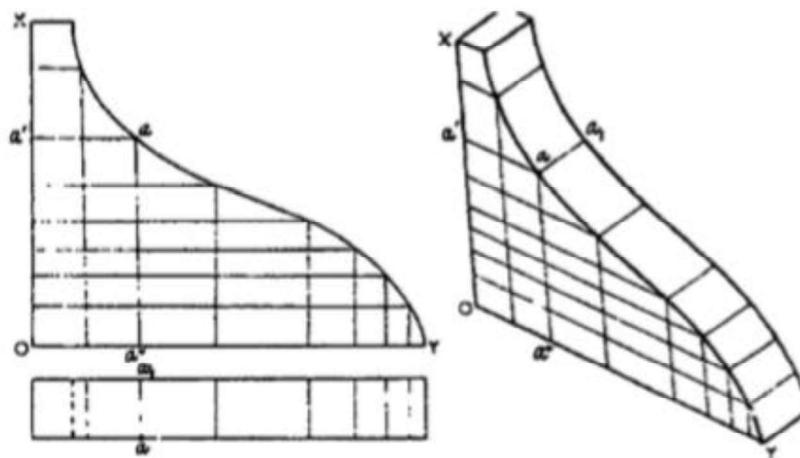
เมื่อวัตถุมีเส้น Non-isometric lines จำนวนมาก การวาดภาพ isometric อาจถูกสร้างขึ้นโดยใช้วิธี Box Method ในวิธีการนี้วัตถุถูกจินตนาการให้ถูกล้อมรอบในกล่องสี่เหลี่ยมและทั้ง Isometric lines และ Non-isometric lines จะอยู่ในตำแหน่งที่สัมผัสนับพื้นผิวและขอบของกล่อง ซึ่งจะต้องจินตนาการมุมมองแบบ Orthographic ก่อน (ดังแสดงในรูปที่ 6.8(ก)) และจึงดำเนินการวาดภาพวัด isometric ดังแสดงในรูปที่ 6.8(ข)



รูปที่ 6.8 วิธีการเขียนภาพ Isometric ด้วยวิธี Box Method (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.2.2 Off-set Method

วิธี Off-set Method เป็นวิธีการเขียนภาพ Isometric ที่นำเสนใจเมื่อวัตถุมีพื้นผิวโค้งที่ผิดปกติ ในวิธีการ Off-set Method คุณสมบัติโด่งอาจได้จากการผลิตด้วยเครื่องจักรบนเส้นได้ที่ตั้งอยู่โดยการวัดตามเส้นมิติเท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 6.9

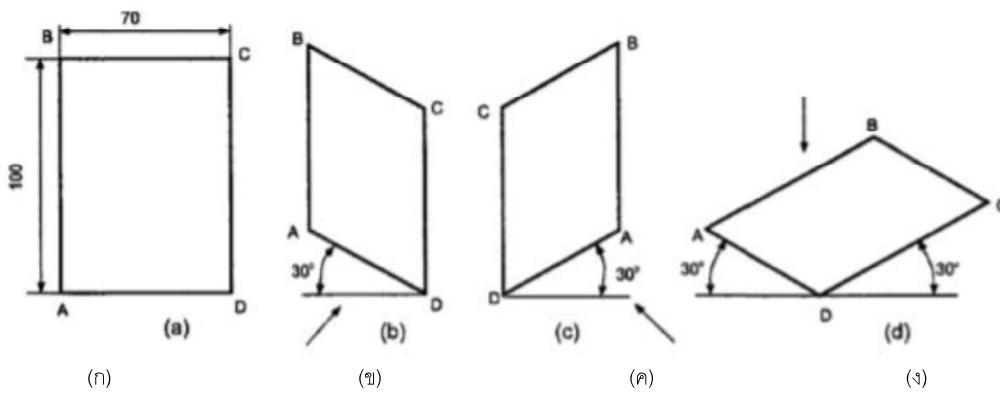


รูปที่ 6.9 วิธีการเขียนภาพ Isometric ด้วยวิธี Off-set Method (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.2.3 การเขียนภาพ Isometric บนระนาบสี่เหลี่ยม (Isometric Drawing of Rectangular Plane)

การวาดภาพ Isometric บนระนาบราบสามารถทำได้โดยง่าย โดยเส้นแนวตั้งจะเป็นแนวตั้งในการฉายภาพและเส้นแนวอนจะเอียง 30° หากมีเส้นคาดเอียงในระนาบจะใช้ในการล้อมรอบระนาบด้วยสี่เหลี่ยม และนอกจากนั้นการฉายภาพจะอ้างอิงกับด้านข้างของสี่เหลี่ยมนั้น ตัวอย่างการวาดภาพ Isometric ของสี่เหลี่ยมขนาด 100 มม. และ 70 มม. ถ้าระนาบของมันคือแนวตั้งและแนวอน มีขั้นตอนดังนี้

- (1) ตามระนาบแนวตั้ง วาดสี่เหลี่ยม ABCD (ดังแสดงในรูปที่ 6.10(ก))
- (2) วาดด้าน AD ที่เอียง 30° จากเส้นฐาน (ดังแสดงในรูปที่ 6.10(ข)) และวาดเส้น $AD = 70$ มม.
- (3) วาดแนวตั้งที่ A และ D จาก AB และ DC ความยาว = 100 มม.
- (4) ต่อเส้น BC ซึ่งขนานกับ AD และ ABCD คือ การฉายภาพ Isometric ดังแสดงในรูปที่ 6.10(ค)
- (5) เมื่อระนาบเป็นแนวอน วาดเส้น AD และ DC เอียงทำมุน 30° เพื่อเป็นเส้นฐานและทำการฉายภาพ Isometric ให้สมบูรณ์ ABCD ดังที่แสดงในรูปที่ 6.10(ง) และลูกศรที่ด้านบนแสดงทิศทางการรวมอง



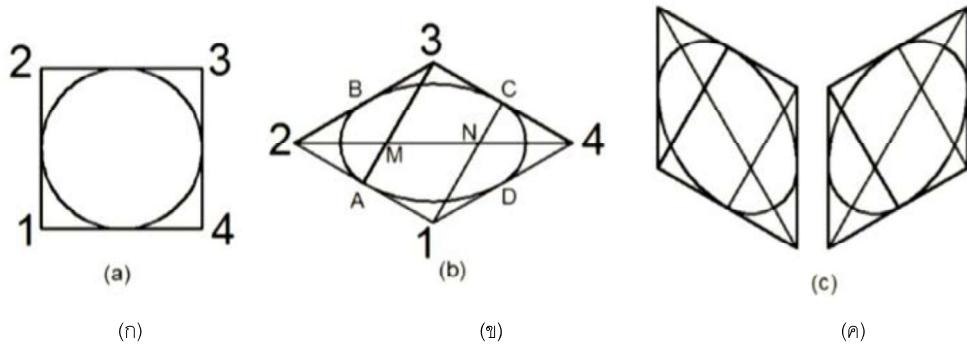
รูปที่ 6.10 การเขียนภาพ Isometric บนระนาบสี่เหลี่ยม (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.2.4 การเขียนภาพ Isometric บนระนาบวงกลม (Isometric Drawing of a Circular Plane)

ตัวอย่างการวาดภาพ Isometric ของวงกลมที่มีรัศมี 60 มม. ถ้าพื้นผิวเป็นแนวตั้งและแนวอน

- (1) วาดวงกลมที่กำหนดและล้อมรอบด้วยสี่เหลี่ยม 1234 ดังแสดงในรูปที่ 6.11(ก)
- (2) สร้างภาพวาด Isometric ของสี่เหลี่ยม 1234 ซึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน

- (3) ทำเครื่องหมายจุดกึ่งกลาง A, B, C และ D ของแต่ละด้านของรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ดังแสดงในรูปที่ 6.11(ข)
- (4) วาดเส้นทแยงมุมที่ยาวที่สุด 2-4 และเชื่อมต่อจุดที่ 3 และ A เส้น 3-A จะตัดกันเส้น 2-4 ที่จุด M ในทำนองเดียวกันจะได้รับจุดตัดกัน N
- (5) ด้วยจุดศูนย์กลางที่ M และรัศมี MA วาดส่วนโค้ง AB ด้วยจุดศูนย์กลาง N และรัศมี NC วาดส่วนโค้ง CD
- (6) ด้วยจุดศูนย์กลาง 1 และรัศมี 1-C วาดส่วนโค้ง BC ด้วยศูนย์ 3 และรัศมี 3-D วาดส่วนโค้ง AD
- (7) ได้ว่ารี ABCD เป็นรูป平淡 Isometric ที่เป็นของวงกลมบนระนาบแนวนอน ในทำนองเดียวกันมุมมอง Isometric สามารถวาดบนระนาบแนวตั้งตามได้ ดังแสดงในรูปที่ 6.11(ค)



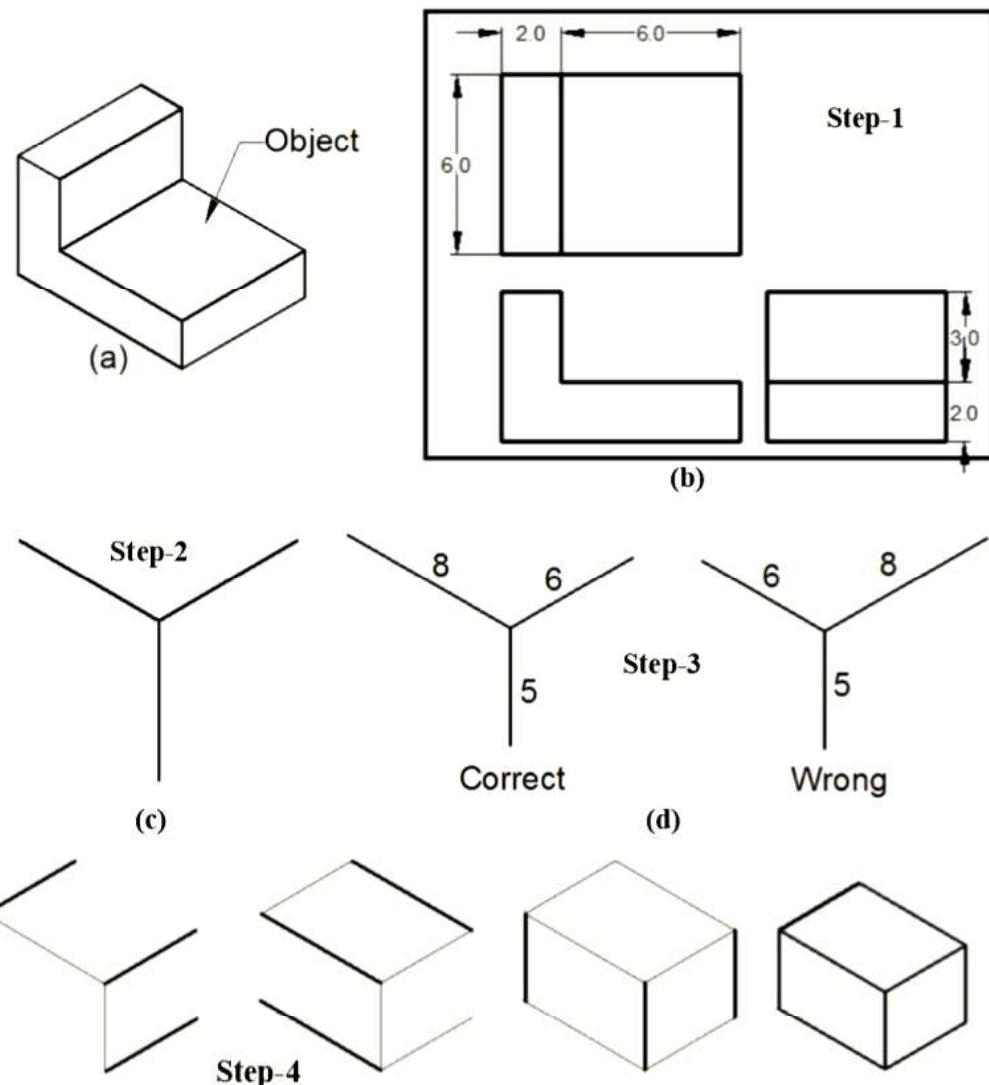
รูปที่ 6.11 การเขียนภาพ Isometric บนระนาบวงกลม (Md. Roknuzzaman, 2017)

6.2.5 ขั้นตอนการวาดภาพ Isometric (Steps for Drawing Isometric View)

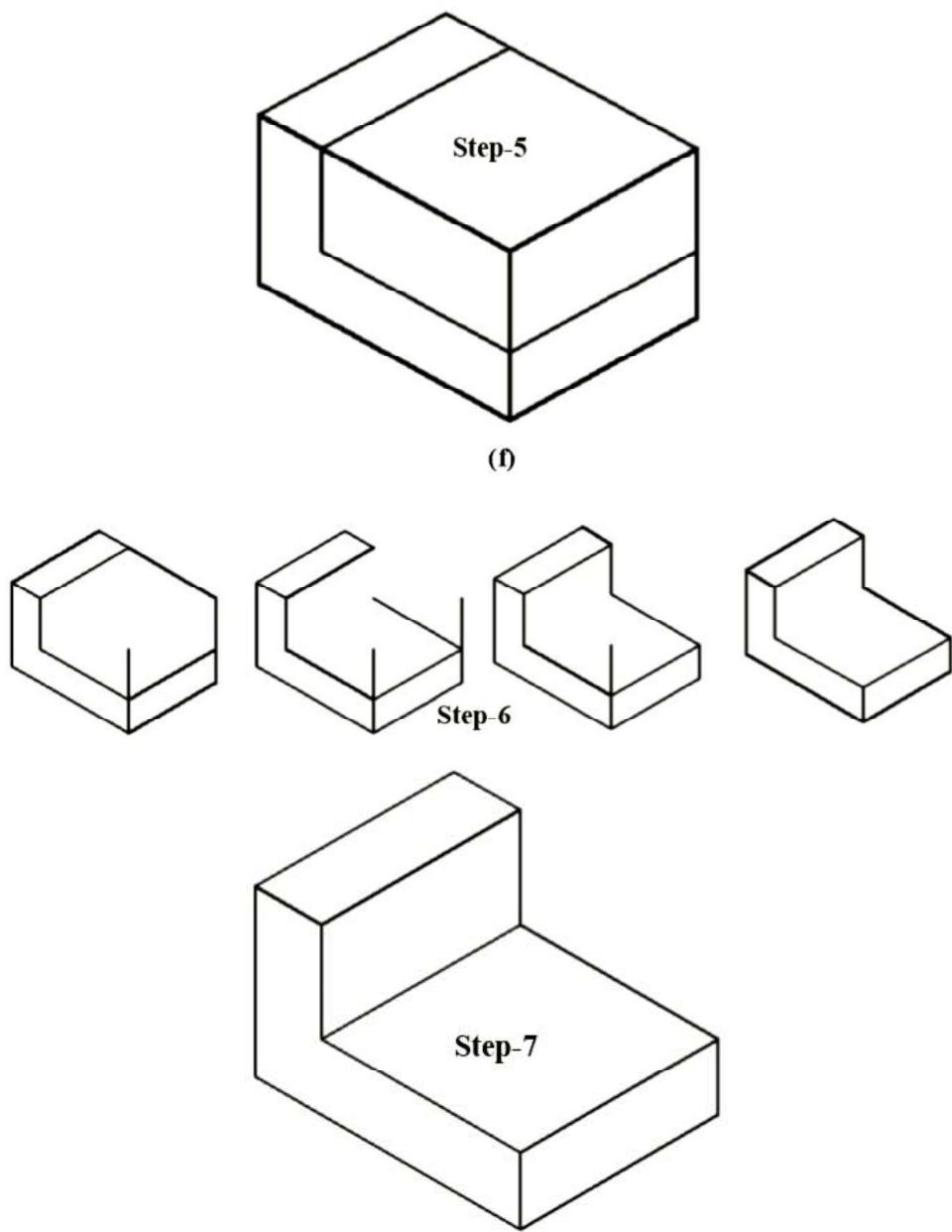
ตัวอย่างการวาดมุมมองภาพ Isometric ของวัตถุ ดังที่แสดงในรูปที่ 6.12

- (1) วาดมุมมอง Orthographic ก่อนการวาดภาพ Isometric ซึ่งสูงสุด 3 ด้าน ที่สามารถแสดงได้ โดยปกติแล้วจะเลือกมุมมองด้านหน้า มุมมองด้านบน และมุมมองด้านข้าง หรือด้านขวา
- (2) วาดแกนสามมิติ โดยใช้ชุดไม้บรรทัดสามเหลี่ยมเพื่อสร้างมุม 30°
- (3) เลือกความยาวและความกว้างตามมุมมองที่กำหนด หากเลือกมุมมองด้านขวาความยาวของมุมมองด้านหน้าควรเลือกตามแกนด้านข้างของแกนตั้งเพื่อให้สามารถมุมมองด้านขวาไปตามแกนด้านขวา
- (4) วาด Isometric box โดยให้วาดเส้นฐาน 2 เส้น ของแต่ละแกนภาพ Isometric ที่จุดสิ้นสุดของอีกสองแกน

- (5) วัดมุมมองที่กำหนด (ด้านหน้า ด้านบน และซ้าย/ขวา) บนผิวที่สอดคล้องกันของกล่องภาพสามมิติ
- (6) มองฝ่านแต่ละมุมมองและระบุเส้นและพื้นผิวที่ไม่มีอยู่ ลบเส้นที่ไม่มีอยู่ (หรืออาจไม่ต้องเขียนเส้นเหล่านี้แต่แรกก็ได้)
- (7) วัดเส้นที่มองเห็น เปรียบเทียบมุมมอง Orthographic กับมุมมอง Isometric ที่ได้วัดขึ้น ตรวจสอบว่าเส้น/พื้นผิวใด ๆ หายไปหรือไม่



รูปที่ 6.12 ขั้นตอนการวาดภาพ Isometric ขั้นตอนที่ 1-4 (Md. Roknuzzaman, 2017)

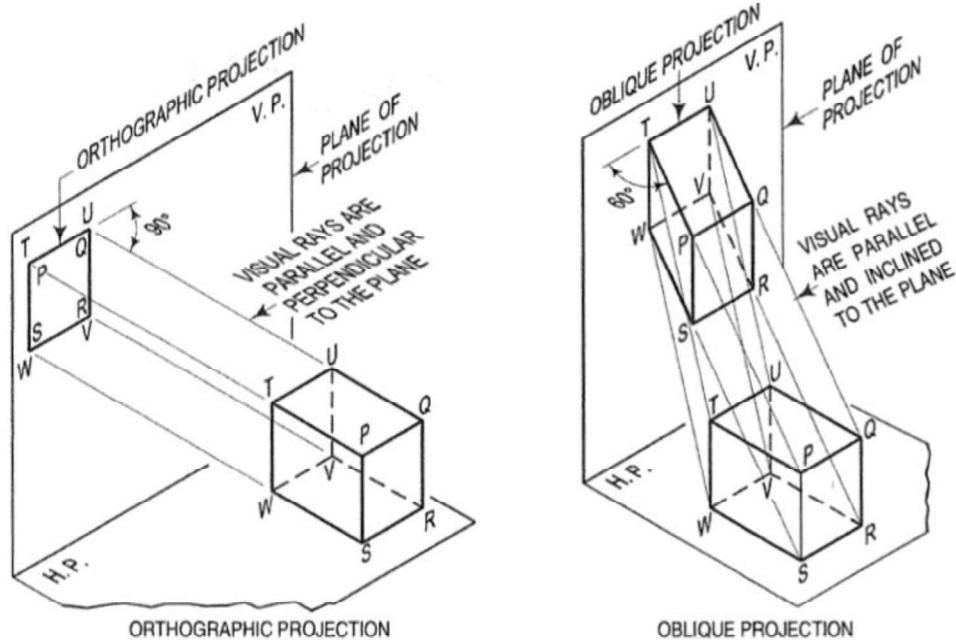


รูปที่ 6.12 ขั้นตอนการวาดภาพ Isometric ขั้นตอนที่ 5-7 (Md. Roknuzzaman, 2017)

6.3 ภาพฉายแบบ Oblique

การฉายภาพกำลังเป็นที่นิยมเนื่องจากการใช้คอมพิวเตอร์ในสำนักงานวาดภาพได้อย่างสะดวกรวดเร็ว การฉายภาพแบบ Oblique เป็นวิธีการฉายภาพอีกวิธีหนึ่ง การฉายภาพแบบ Oblique แสดงวัตถุสามมิติบนระนาบการฉายภาพโดยดูเพียงภาพเดียวเท่านั้น การวาดภาพประเภทนี้มีประโยชน์สำหรับการประกอบวัตถุและจัดทำแบบผลิตภัณฑ์ (วาดภาพใช้ในการทำงาน) ของวัตถุเพื่อการผลิต เมื่อผู้สร้างเดินทางไปที่วัตถุจากระยะนั้นแล้วเส้นสายตา (Projector) จะขนานกันและ

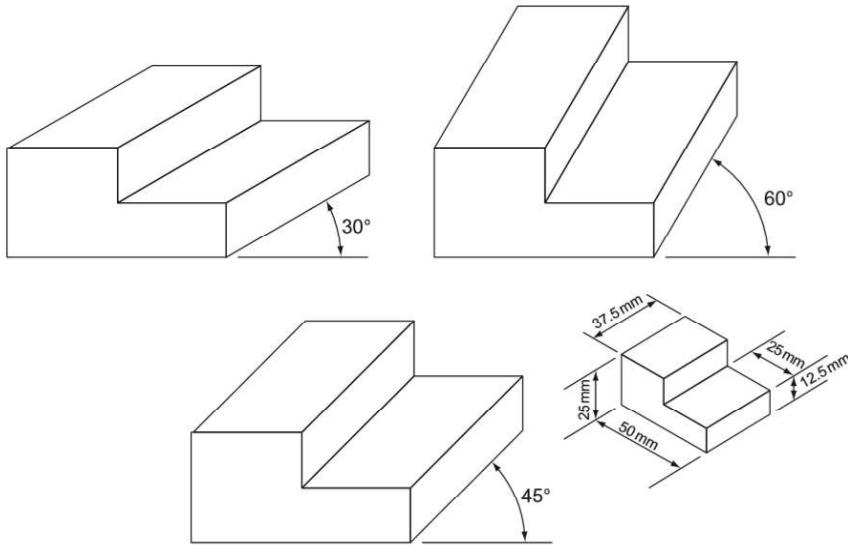
ເຄີຍໄປໃນແນວຮະນາບຂອງກາຮາຍກາພ ຈິຕນາກາຮົາໃຫ້ກາພເປັນລູກບາສກໍວາງອຸ່ດໍານໜ້າຮະນາບແນວດັ່ງ (ດັ່ງແສດງໃນຮູບທີ 6.13) ໃນກາຮາຍກາພແບບ Orthographic ລຳແສງກາພ (ຂອບ) ຕັ້ງຈາກກັບຮະນາບກາຮາຍກາພ ສ່ວນໃນກາຮາຍກາພແບບ Oblique ມູນມອງດ້ວຍແສງຮັສີ (ຂອບ) ທຳໄໝມຸນ 60° ກັບຮະນາບກາຮາຍ ພິຈາຣານາຕຳແໜ່ງສື່ເໜີຢືມ PQRS ຊຶ່ງຂານກັບຮະນາບຂອງກາຮາຍກາພລູກຂາຍໃນຮູບປ່ວງແລະຂາດທີ່ແທ້ຈິງ ຕັ້ງຈາກກັບຮະນາບກາຮາຍມີຮູບປ່ວງເພື່ອນ ຂອບຂອງໃບໜ້າຕັ້ງຈາກຈະເຄີຍໄປທາງແນວນອນແລະຈາຍຕາມຄວາມຍາງຈິງ



ຮູບທີ 6.13 ເປົ້າຍເຖິງກາຮາຍກາພແບບ Orthographic ແລະ Oblique

(Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

ໜັກກາຮົາທີ່ແຕກຕ່າງກັນຮ່ວງກາພຈາຍແບບ Oblique ແລະ Isometric ດື່ອ ກຣນີຂອງກາຮາຍກາພແບບ Isometric ແກນທີ່ສາມຈະທຳມຸນ 120° ກັບແກນອື່ນ ແຕ່ໃນກາຮາຍກາພແບບ Oblique ແກນທີ່ສາມຈະເຄີຍທຳມຸນ 30° 45° ອີ່ວີ່ 60° (ດັ່ງແສດງໃນຮູບທີ 6.14) ກັບສອງແກນທີ່ຕັ້ງຈາກ ເປົ້າຍເຖິງບໍ່ຂໍແຕກຕ່າງຮ່ວງກາຮາຍກາພແບບ Oblique ແລະ Isometric ດັ່ງຕາງໆທີ່ 6.1



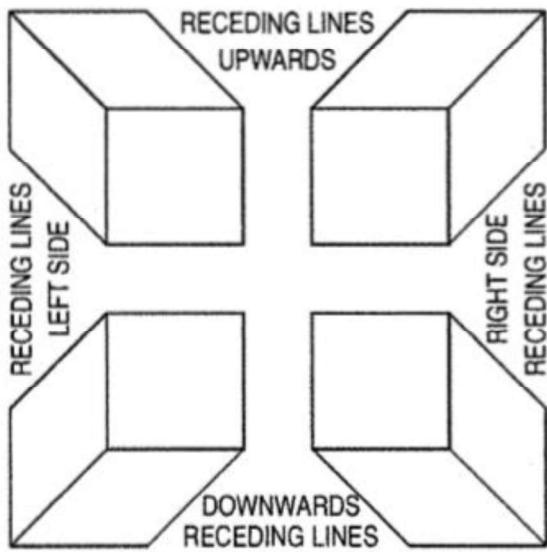
รูปที่ 6.14 การฉายภาพแบบ Oblique เมื่อไม่มีการปรับลดขนาดของวัตถุ (K.Morling, 2010)

ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบภาพฉายแบบ Oblique และ Isometric

ภาพฉายแบบ Oblique	ภาพฉายแบบ Isometric
(1) เส้นสายตากลางๆ ไม่ต้องมีเส้นต่อเนื่องกัน	(1) เส้นสายตากลางๆ ต้องมีเส้นต่อเนื่องกัน
(2) วัตถุที่แสดงจะมีขนาดเดิม	(2) วัตถุที่แสดงจะมีขนาดเล็กลง
(3) วัตถุที่แสดงจะมีมุมตัดที่คงที่	(3) วัตถุที่แสดงจะมีมุมตัดที่เปลี่ยนไปตามมุมตัดของวัตถุจริง
(4) ลักษณะของวัตถุที่แสดงจะไม่ถูกปรับให้เข้ากับมุมตัด	(4) ลักษณะของวัตถุที่แสดงจะถูกปรับให้เข้ากับมุมตัด

6.3.1 เส้นและมุม Receding (Receding line and receding angles)

ในการฉายภาพแบบ Oblique วัตถุที่ตั้งฉากกับระนาบการฉายจะถูกฉายในรูปทรงที่บิดเบี้ยว ขอบตั้งฉากของระนาบดังกล่าวจะถูกวาดที่มุม 30° หรือ 45° หรือ 60° กับแนวอนเส้นเอียงเหล่านี้เรียกว่า เส้นลดความลาดเอียง (Receding line) และความโน้มเอียงไปทางแนวนอนเรียกว่า มุมลาดเอียง (Receding angle) การบิดเบือนของวัตถุสามารถปรับปรุงได้โดยการลดความยาวของเส้น Receding line (ดังแสดงในรูปที่ 6.15) ซึ่งเส้น Receding line จะจะเอียงขึ้นหรือลงหรือไปทางซ้ายหรือขวาขึ้นอยู่กับความจำเป็นในการแสดงรายละเอียดของวัตถุให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

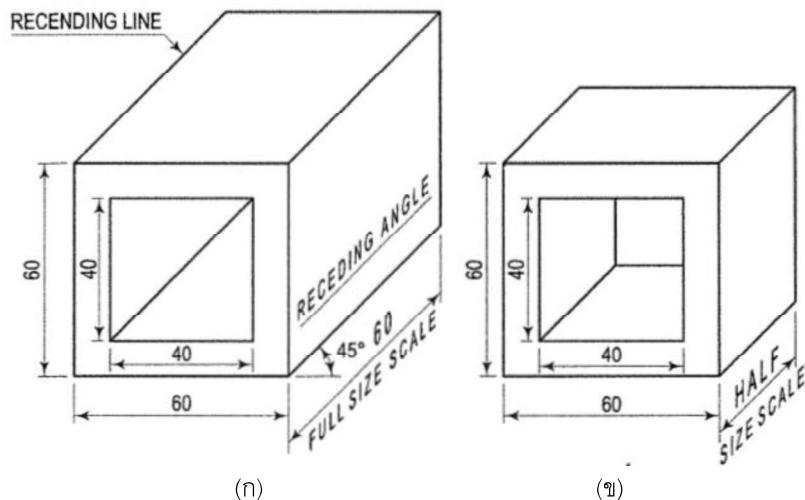


รูปที่ 6.15 Receding line และ receding angles (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.3.2 ประเภทของภาพฉาย Oblique (Type of the oblique)

การฉายภาพแบบ Oblique นั้นขึ้นอยู่กับมุมราบส่วนที่ต่อเส้น Receding line ออกมาก สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่

- Cavalier projection เมื่อเส้น Receding line ถูกวัดในขนาดเดิมและเส้นสายตา เอียงที่มุม 30° หรือ 45° หรือ 60° กับระนาบของการฉายภาพ Oblique ดังแสดงในรูปที่ 6.15(ก)
- Cabinet projection หากเส้น Receding line ถูกวัดในขนาดครึ่งหนึ่งของการฉายภาพ Oblique ดังแสดงในรูปที่ 6.15(ข)



รูปที่ 6.16 ประเภทของภาพฉาย Oblique (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)