เอกสารการสอน รายวิชา 31-407-050-102

การเขียนแบบวิศวกรรม
Engineering Drawing

ผศ.ดร.วุฒิไกร ไชยปัญหา

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

คำนำ

เอกสารการสอน รายวิชา 31-407-050-102 เขียนแบบวิศวกรรม (Engineering Drawing) เป็นรายวิชาเอกบังคับสำหรับนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น เริ่มใช้ในการเรียนการสอนตั้งแต่ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2563 เป็นต้นมา โดยการจัดทำเอกสารประกอบการสอนเล่มนี้มีเนื้อหา 11 บท ประกอบด้วย พื้นฐานงานเขียนแบบวิศวกรรม มาตรฐานในงานเขียนแบบวิศวกรรมการกำหนดขนาด มาตราส่วน และค่าพิกัดความเผื่อ การเขียนภาพเรขาคณิตประยุกต์ การฉายภาพและการเขียนภาพ Orthographic การเขียนภาพ Pictorial การเขียนภาพตัด การเขียนร่างด้วยมือหรือการสเก็ตช์ภาพ การเขียนภาพช่วย การเขียนภาพประกอบและภาพแยกชิ้น การเขียนแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (CAD)

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

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า นักศึกษาที่ได้ใช้เอกสารการสอนเล่มนี้จะได้รับความรู้จากเนื้อหาที่ผู้เขียนได้ทำการรวบรวมและคัดกรองจากแหล่งความรู้ต่างๆ นำมาถ่ายทอดลงเอกสารประกอบการสอนเพื่อให้นักศึกษาสามารถเข้าใจหลักการในงานเขียนแบบวิศวกรรมได้โดยง่าย และสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาในรายวิชาอื่นที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อ.ดร.วุฒิไกร ไชยปัญหา

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 และค่าพิกัดความเผื่อ 33

3.1 การกำหนดขนาดของมิติ 33

3.2 มาตราส่วน 48

3.3 ค่าพิกัดความเผื่อ (Tolerance) เบื้องต้น 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 วิธีการเขียนภาพฉายหลายด้าน (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 การบอกขนาดในภาพตัด 162

7.5 กฎเกณฑ์การเขียนภาพตัด 163

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 7 166

บทที่ 8 การเขียนร่างด้วยมือหรือการสเก็ตช์ภาพ 171

8.1 วิธีลากเส้นสเก็ตช์ 171

8.2 รูปแบบของภาพร่าง (ภาพสเกตช์) 173

8.3 การสเก็ตช์เส้นตรง 175
8.4 การสเก็ตช์สี่เหลี่ยม 176
8.5 การสเก็ตช์วงกลมขนาดเล็ก 176
8.6 การสเก็ตช์วงกลมขนาดใหญ่ 177
8.7 การสเก็ตส่วนโค้ง 178
8.8 การสเกตช์วงรี 180
8.9 การสเก็ตช์รูปวัตถุ 2 มิติ 181
8.10 การสเก็ตช์รูปวัตถุ 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

บทที่10 การเขียนภาพประกอบและภาพแยกชิ้น 207
10.1 การเขียนภาพประกอบ 207
10.2 การเขียนภาพแยกชิ้น 217

บทที่11 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 คำสั่งวาดรูปเรขาคณิต (Geometry) 232

11.7 การปรับละเอียด (Precision) 236
11.8 ชั้นข้อมูล (Layers) 239
11.9 คุณสมบัติ (Properties) 242
11.10 คำสั่งดัดแปลง (Modifying) 246
11.11 บล็อก (Blocks) 251
11.12 เลย์เอาท์ (Layouts) 254
11.13 บันทึกย่อและคา อธิบาย (Notes and Labels) 257
11.14 การบอกขนาด (Dimensions) 261
11.15 การพิมพ์ (Printing) 263

บรรณานุกรม 267

บทที่ 1
พื้นฐานงานเขียนแบบวิศวกรรม

1.1 บทนำ

การเขียนแบบเป็นการใช้ภาพกราฟิกในการแทนวัตถุหรือบางส่วนของวัตถุ เพื่อสื่อสารแนวความคิดในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของวิศวกรหรือช่างเทคนิค สำหรับ**การเขียนแบบวิศวกรรม** (Engineering Drawing) เป็นการแสดงภาพของวัตถุจริงซึ่งมีลักษณะเป็นสามมิติ โดยทั่วไปแล้วให้ข้อมูลที่จำเป็นเกี่ยวกับรูปร่าง ขนาด คุณภาพผิววัสดุ กระบวนการผลิต ฯลฯ ที่ผู้ได้รับการฝึกฝนสามารถมองเห็นภาพและเข้าใจแบบที่เตรียมในประเทศอื่น โดยไม่คำนึงถึงความแตกต่างของภาษาพูด ดังนั้น การเขียนแบบวิศวกรรมจึงเรียกได้ว่าเป็นภาษาสากลของวิศวกร ซึ่งใช้สื่อสารควรปฏิบัติตามกฎหรือมาตรฐานเพื่อให้สื่อความหมายเหมือนกัน

การเขียนแบบวิศวกรรมเป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อวิชาชีพวิศวกรอย่างมาก ความรู้ด้านการเขียนแบบเปรียบเสมือนคู่มือในการทำงาน เป็นสื่อกลางในการสื่อสารระหว่างผู้ออกแบบและผู้ผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานที่มีความถูกต้องเที่ยงตรงและเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

ความสามารถในการอ่านแบบเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของวิศวกรทุกคน เมื่อเทียบกับคำอธิบายด้วยวาจาหรือเป็นลายลักษณ์อักษร แบบที่มีมิติและกำหนดขนาดอย่างเหมาะสมเป็นวิธีที่ง่ายและชัดเจนยิ่งขึ้นในการอธิบายข้อกำหนดทางวิศวกรรม สามารถทำให้เข้าใจได้ง่ายสำหรับบุคลากรด้านเทคนิค วิศวกรรม

บทบาทของวิชาเขียนแบบวิศวกรรมเพื่อให้มีความเชี่ยวชาญในทักษะต่อไปนี้

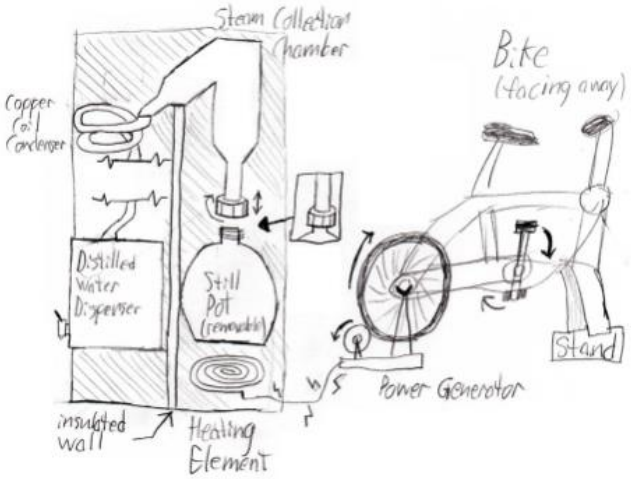
- ความสามารถในการอ่านและเตรียมแบบวิศวกรรม
- ความสามารถในการสร้างภาพร่างของวัตถุด้วยมือ
- ความสามารถในการมองภาพ(จิตนาการ) การวิเคราะห์ และสื่อสาร
- ความสามารถในการเข้าใจรายวิชาและงานอื่นๆ ในด้านวิศวกรรม

การเขียนแบบวิศวกรรมสามารถประยุกต์ใช้เป็นส่วนสำคัญของโครงการวิศวกรรมเกือบทั้งหมด การใช้งานที่สำคัญบางอย่างของวิศวกรรม เช่น การเขียนแผนที่เพื่อนำทาง แบบสำหรับการผลิต

เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า แบบการก่อสร้างอาคาร ถนน สะพาน เขื่อน และโครงสร้างต่างๆ เป็นต้น

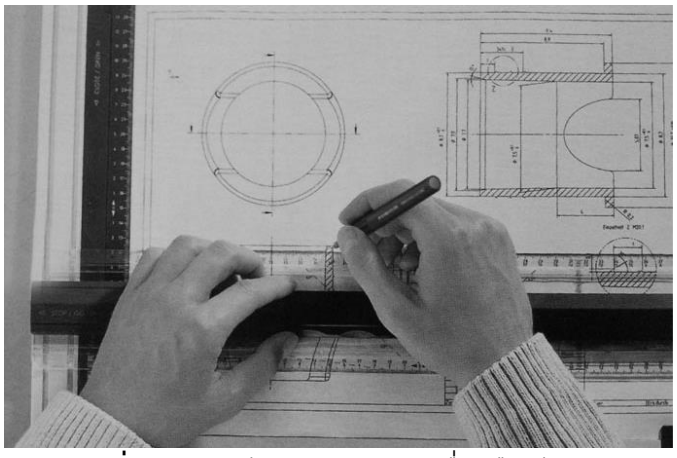
การเขียนแบบวิศวกรรมสามารถทำได้ 3 รูปแบบ ได้แก่

- **การสเก๊ตช์** (Free Hand Sketch) เป็นการที่ผู้เขียนหรือผู้ออกแบบต้องลากเส้นด้วยมือเปล่าโดยไม่ใช้อุปกรณ์ใดๆ ช่วยในการเขียนรูป ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วเมื่อต้องการออกแบบสิ่งใด การร่างแบบที่คิดได้ออกมาด้วยความรวดเร็วในขณะนั้น อาจไม่มีอุปกรณ์หรือเครื่องมือเขียนแบบอยู่ใกล้ตัว การสเก๊ตช์จึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด ดังนั้น ทักษะการสเก๊ตช์จึงควรฝึกฝนให้เกิดความชำนาญ ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 การสเก๊ตช์หรือการเขียนแบบด้วยมือเปล่า (http://eon.sdsu.edu/, [online])

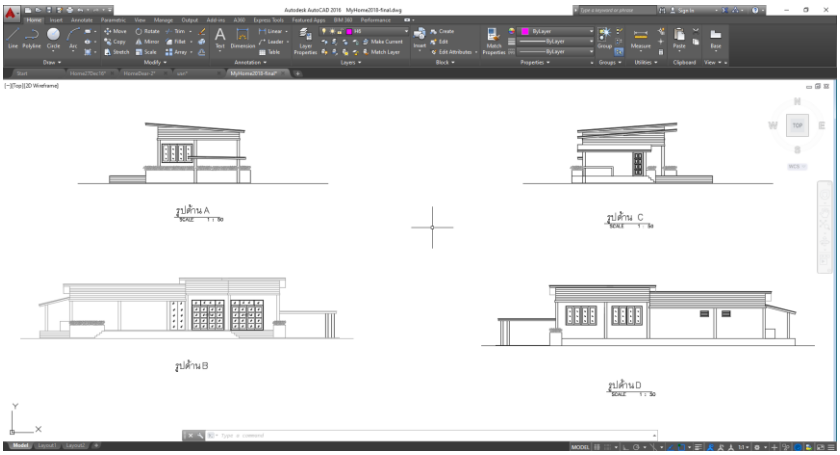
- **การเขียนแบบโดยใช้เครื่องมือเขียนแบบ** (Instrument Drawing) เป็นการลงมือเขียนแบบตามหลักมาตรฐานสากลและใช้เครื่องมือช่วยในการเขียนแบบ ซึ่งแบบที่ได้จะมีขนาดและรูปร่างที่ถูกต้องตามความเป็นจริง ดังรูปที่ 1.2



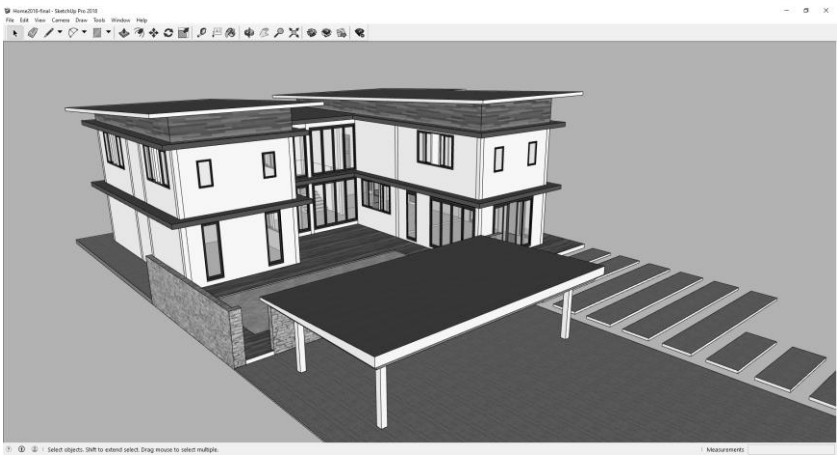
รูปที่ 1.2 การเขียนแบบโดยใช้เครื่องมือเขียนแบบ

(https://th.aliexpress.com/item/32801882223.html, [online])

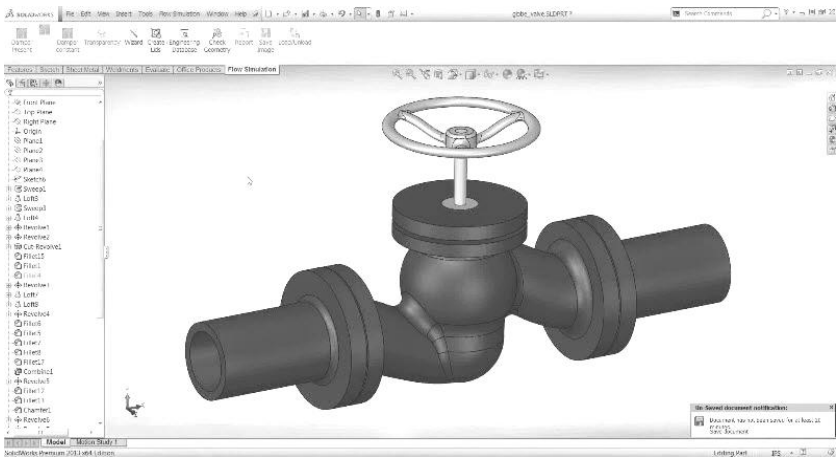
- **การเขียนแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์** (Computer Drawing) เป็นการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการเขียนแบบ ซึ่งทำให้สามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงแบบได้สะดวก รวดเร็ว และเป็นรูปแบบที่ใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยมีทั้งที่สามารถสร้างรูปเรขาคณิตทั่วไปในรูปแบบ 2 และ 3 มิติ เช่น AutoCAD, SolidWork และ Sketchup เป็นต้น ดังรูปที่ 1.3



(ก) โปรแกรม AutoCAD



(ข) โปรแกรม SketchUp

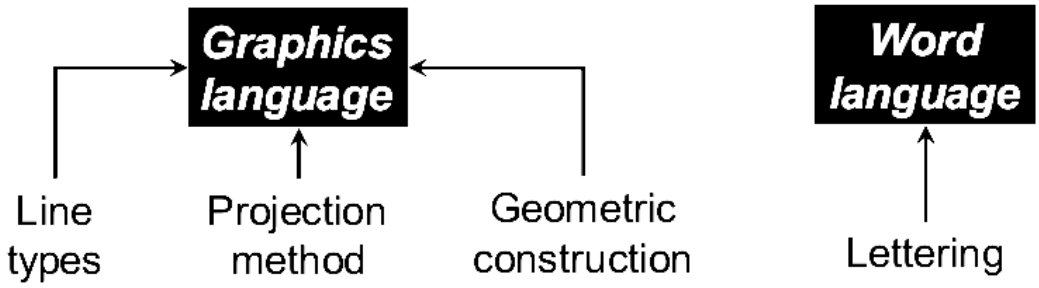


(ค) โปรแกรม SolidWorks

รูปที่ 1.3 การเขียนแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.2 องค์ประกอบของการเขียนแบบวิศวกรรม

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



รูปที่ 1.4 องค์ประกอบหลักของแบบทางวิศวกรรม (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

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

1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการงานเขียนแบบ

การเขียนแบบที่ถูกต้องสมบูรณ์นั้นนอกจากจะขึ้นอยู่ทักษะของผู้เขียนแบบแล้ว เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเขียนแบบนับว่ามีส่วนสำคัญอย่างมาก เนื่องจากมีส่วนช่วยให้การเขียนแบบมีคุณภาพ มีรายละเอียดครบถ้วน และเป็นไปตามมาตรฐาน สามารถใช้เป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดแนวคิดไปยังผู้ผลิตชิ้นงานได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างเครื่องมือและอุปกรณ์สำคัญสำหรับใช้ในการเขียนแบบ ดังต่อไปนี้

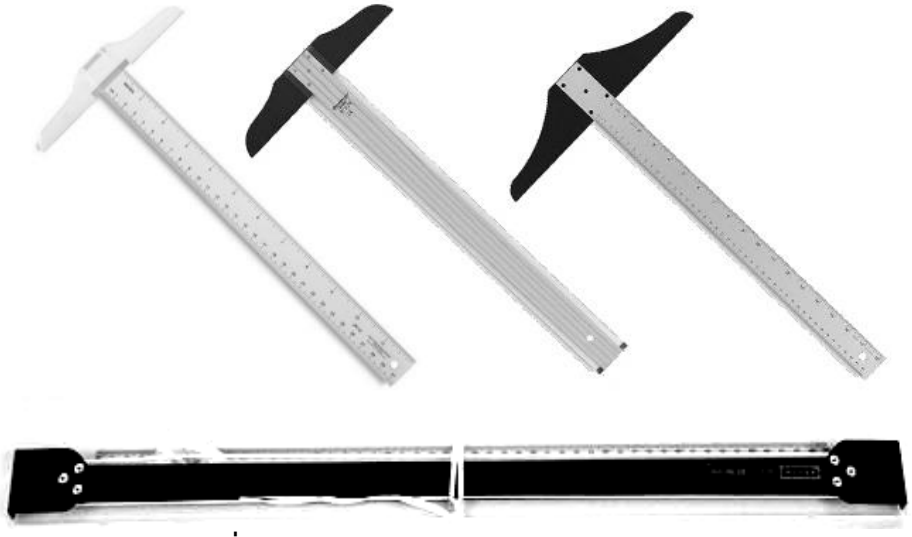
1.3.1 โต๊ะเขียนแบบ (Drawing Board/Drawing Table)

โต๊ะเขียนแบบใช้ในการวางและยึดติดกระดาษเขียนแบบ โดยใช้ร่วมกับไม้ที (หรือทีสไลด์) และฉากสามเหลี่ยม โต๊ะเขียนแบบมีรูปร่างเป็นแผ่นกระดานสี่เหลี่ยมทับด้วยวัสดุผิวเรียบ สามารถปรับมุมของโต๊ะได้ โดยทั่วไปมีหลายขนาด เช่น 40x60 ซม.^{2}, 60x100 ซม.^{2} และ 80x120 ซม.^{2} เป็นต้น ดังแสงในรูปที่ 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 ใช้สำหรับขีดเส้นในแนวนอน และใช้ประกอบกับฉากสามเหลี่ยม เพื่อขีดเส้นในแนวตั้ง และขีดเส้นเอียงทำมุมต่างๆ ดังแสงในรูปที่ 1.6

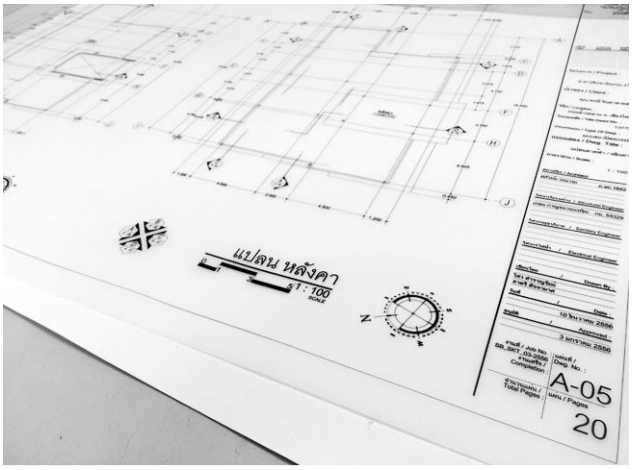


รูปที่ 1.6 ไม้ที (T-Square) และทีไสลด์ (T-Slide)

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

1.3.3 กระดาษเขียนแบบ (Drawing Paper)

กระดาษเขียนแบบสามารถแบ่งเป็น 2 ชนิดตามลักษณะของกระดาษ คือ กระดาษธรรมดา และกระดาษไข โดยมาตรฐานของกระดาษเขียนแบบที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ใช้ระบบ ISO (International System Organization) ซึ่งยอมรับทั้งระบบอเมริกันและยุโรป ดังแสดงในรูปที่ 1.7



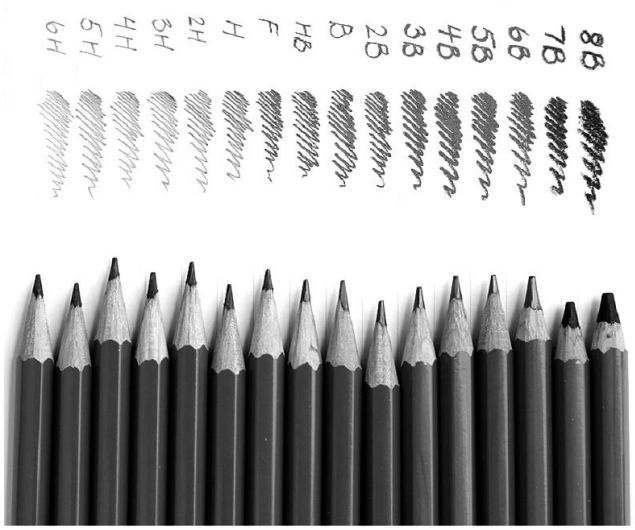
รูปที่ 1.7 กระดาษเขียนแบบ

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

1.3.4 ดินสอเขียนแบบ (Pencil)

ดินสอแบ่งเป็น 2 ชนิดตามลักษณะของดินสอ ได้แก่

- **ดินสอเปลือกไม้** (Pencil Leads) ดังแสดงในรูปที่ 1.8



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

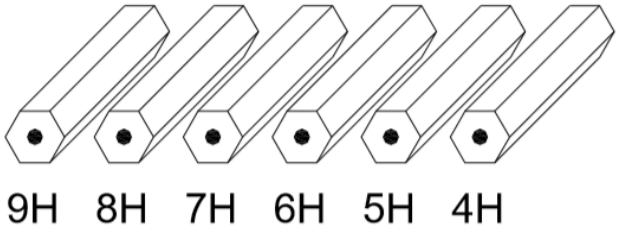
- **ดินสอเปลี่ยนไส้ได้** (Mechanical Pencil) ดังรูปที่ 1.9

รูปที่ 1.9 ดินสอไส้แข็ง

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

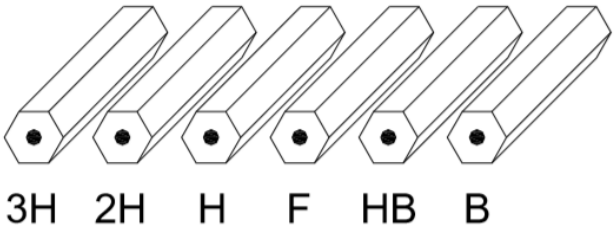
นอกจากนั้นดินสอยังสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามความอ่อนแข็งของไส้ดินสอ โดยใช้วิธีให้ตัวเลขเป็นตัวกำหนดร่วมกับตัวอักษร ดังนี้

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



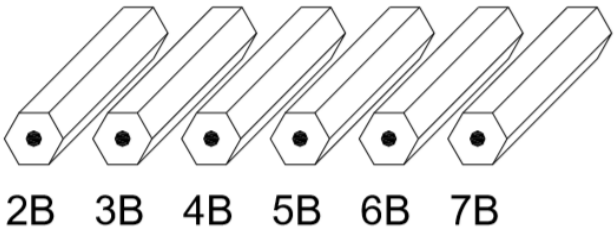
รูปที่ 1.10 ดินสอไส้แข็ง (www.tatc.ac.th, [online])

- **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 ดินสอไส้แข็งปานกลาง (www.tatc.ac.th, [online])

- **ดินสอแบบไส้อ่อน (Soft)** ตั้งแต่เบอร์ 2B-7B เช่น เส้นขอบชิ้นงาน (Visible outline, Visible edge, Boundary line) ตัวหนังสือ (letterling) และการสเก๊ตช์ (Free sketching) เป็นต้น แต่ส่วนใหญ่ใช้ในงายศิลปะ วาดภาพ แรเงา ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการเขียนแบบดังรูปที่ 1.12



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

1.3.5 ยางลบ (Erasers)

ยางลบที่ใช้กับงานเขียนแบบควรมีความอ่อนนุ่ม สามารถที่ลบรอยดินสอที่ไม่ต้องการออกได้ง่าย และที่สำคัญเวลาลบจะต้องไม่ทำให้กระดาษเขียนแบบเป็นขุยหรือเป็นรอย ดังแสดงรูปที่ 1.13

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

1.3.6 เทปติดกระดาษ (Tape)

เทปติดกระดาษใช้สำหรับการติดกระดาษเขียนแบบ เพื่อต้องการให้กระดาษที่จะเขียน ได้ยึดติดแน่นกับพื้นของโต๊ะเขียนแบบ โดยไม่ให้มีการขยับเขยื้อนในระหว่างที่ทำการเขียนแบบ ดังแสดงรูปที่ 1.14

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

1.3.7 ปากกาเขียนแบบ (Pen)

ปากกาเขียนแบบใช้สำหรับการเขียนแบบลงในกระดาษไข ลักษณะเป็นปากกาหมึกซึม 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 วงเวียน (Compass)

เป็นอุปกรณ์สำหรับเขียนวงกลมและส่วนโค้ง ตัวอย่างวงเวียน ดังแสดงในรูปที่ 1.16

รูปที่ 1.16 วงเวียนเขียนแบบ

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

1.3.9 **ไม้บรรทัดสามเหลี่ยมหรือฉากปรับมุม** (Triangle ruler)

ไม้บรรทัดสามเหลี่ยมหรือฉากปรับมุมโดยทั่วไปทำจากพลาสติกใส เพื่อจะได้มองเห็นส่วนอื่นๆ ของแบบได้อย่างชัดเจน ปกติจะใช้คู่กับไม้ทีหรือทีสไลด์ โดยแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบตายตัวซึ่งมีค่ามุม 45-90-45 องศา กับค่ามุม 30-90-60 องศา และแบบปรับมุมได้ ดังแสดงในรูปที่ 1.17

(ก) แบบตายตัว (ข) แบบปรับมุมได้

รูปที่ 1.17 ไม้บรรทัดสามเหลี่ยม และฉากปรับมุม

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

1.3.10 **ไม้บรรทัดสเกล** (Scale)

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

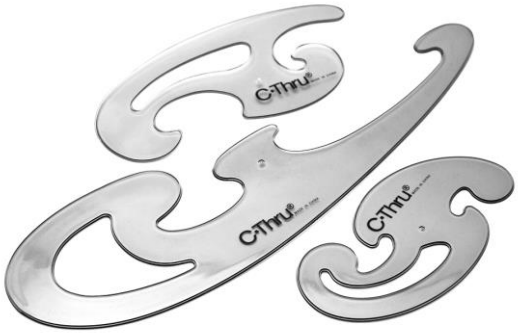
- มาตราส่วนขนาดเท่าของจริง 1 : 1
- มาตราส่วนย่อ 1 : 2, 1 : 5, 1 : 10, 1 : 100, 1 : 1000 เป็นต้น
- มาตราส่วนขยาย 2 : 1, 5 : 1, 10 : 1, 100 : 1, 1000 : 1 เป็นต้น

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**

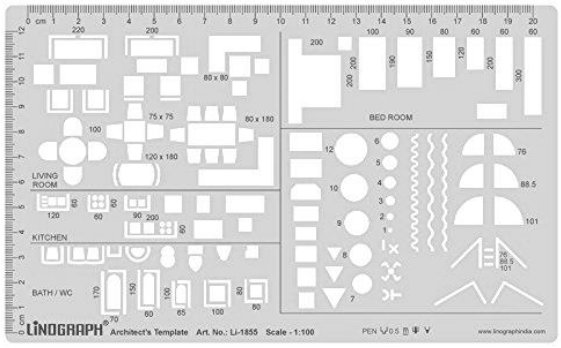
ไม้บรรทัดกระดูกงู เป็นเส้นพลาสติกอ่อนที่มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู สามารถดัดโค้งงอเป็นส่วนโค้งตามที่ต้องการ เพื่อใช้เป็นแบบในการเขียนส่วนโค้ง ดังแสดงในรูปที่ 1.20

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 และรูปหลายเหลี่ยม เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.21

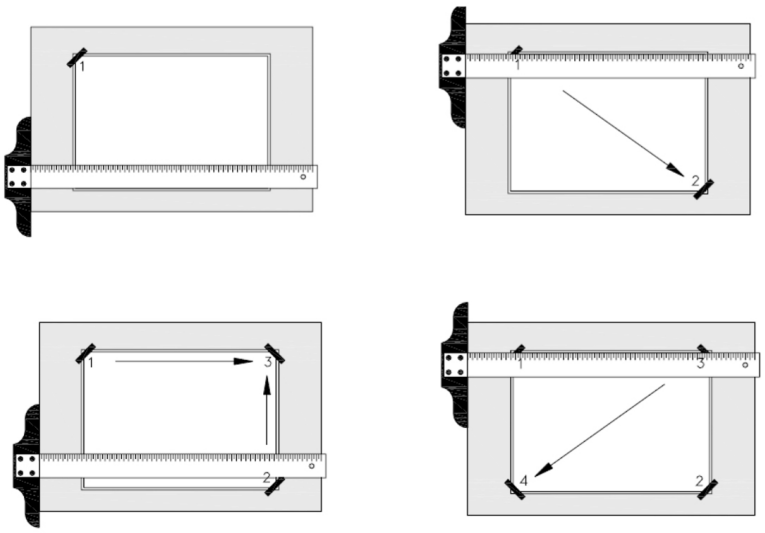


รูปที่ 1.21 เทมเพลต (https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51nrxtpJfTL.jpg, [online])

1.4 การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์เขียนแบบ

1.4.1 การติดกระดาษเขียนแบบ

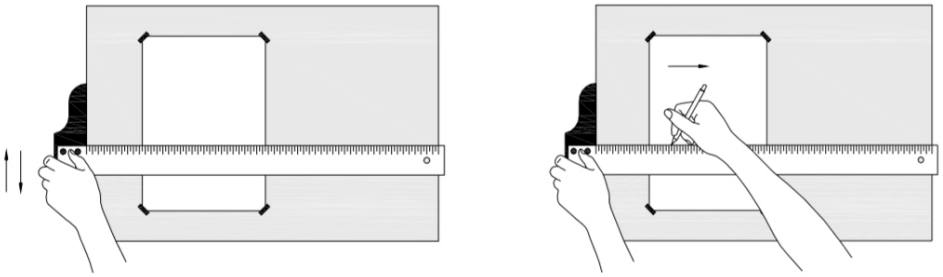
การติดกระดาษเขียนแบบควรติดด้วยเทปกาวสำหรับติดกระดาษเพื่อความสะดวกในการแกะกระดาษเขียนแบบและป้องกันมุมของกระดาษไม่ให้เกิดความเสียหาย การติดกระดาษควรจัดกระดาษให้ขนานกับโต๊ะเขียนแบบ โดยใช้ไม้ทีเป็นเครื่องตรวจสอบความขนานของกระดาษ จากนั้นใช้เทปติดกระดาษที่มุมบนทั้งสองข้าง แล้วเลื่อนไม้ทีลงด้านล่าง ซึ่งไม้ทีจะช่วยกดกระดาษให้เรียบกับพื้นโต๊ะ จากนั้นจึงใช้เทปติดมุมกระดาษข้างล่างทั้งสองข้าง ดังแสดงในรูปที่ 1.22



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

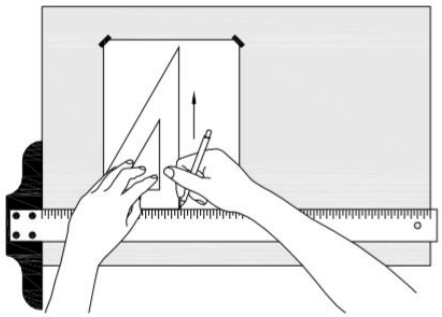
1.4.2 การใช้ไม้ทีและบรรทัดสามเหลี่ยม

- **การขีดเส้นตรงในแนวนอน** จะใช้ไม้ทีแนบกับขอบโต๊ะเขียนแบบ พร้อมทั้งหมุนดินสอช้าๆ ขณะลาดเส้น ดินสอจะเอียงทำมุม 60 องศา กับกระดาษเขียนแบบ โดยใช้มือซ้ายต้องจับส่วนหัวไม้ที และกดให้แนบติดกับขอบโต๊ะ แล้วเลื่อนขึ้น-ลงไปตามตำแหน่งที่ต้องการเขียนเส้น ดังแสดงในรูปที่ 1.23



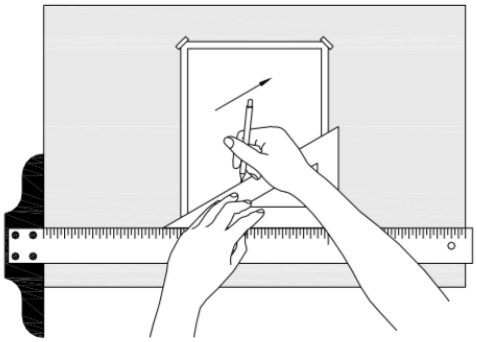
รูปที่ 1.23 การขีดเส้นตรงในแนวนอน (www.tatc.ac.th)

- **การขีดเส้นตรงในแนวตั้ง** โดยการกดให้ขอบหัวไม้ทีแนบติดกับขอบโต๊ะ แล้ววางฉากสามเหลี่ยมให้แนบขนานกับขอบ ไม้ที แล้วใช้มือซ้ายกดฉากสามเหลี่ยมให้แนบกับกระดาษเขียนแบบ มือขวาจับดินสอแล้วขีดเส้น จากด้านล่างขึ้นไปทางด้านบนตามแนวตั้งฉากของฉากสามเหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 1.24

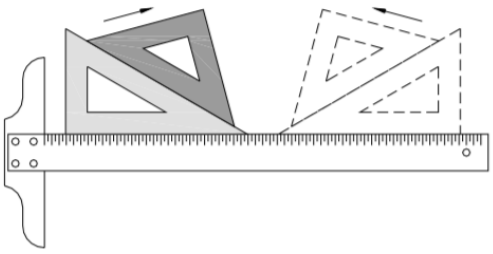


รูปที่ 1.24 การขีดเส้นตรงในแนวตั้ง (www.tatc.ac.th)

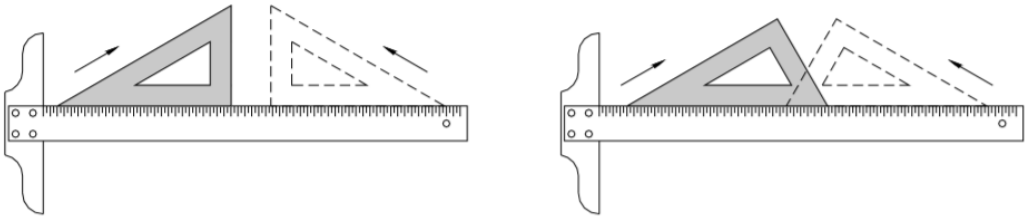
- **การเขียนเส้นตรงในแนวเฉียงด้วยฉากสามเหลี่ยม** โดยการกดให้หัวไม้ทีแนบติดกับขอบโต๊ะ แล้ววางฉากสามเหลี่ยมให้แนบขนานกับไม้ที แล้วใช้มือซ้ายกดฉากสามเหลี่ยมให้แนบกับกระดาษเขียนแบบ มือขวาจับดินสอแล้วขีดเส้นจาก ด้านซ้ายไปทางขวามือตามแนวเฉียงของฉากสามเหลี่ยม โดยให้ส่วนปลายดินสอติดกับขอบไม้ที (ดังแสดงในรูปที่ 1.25) สำหรับการเขียนเส้นตรงในแนวเฉียงด้วยฉากสามเหลี่ยมในทิศทางมุมต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.26 ถึงรูปที่ 1.32



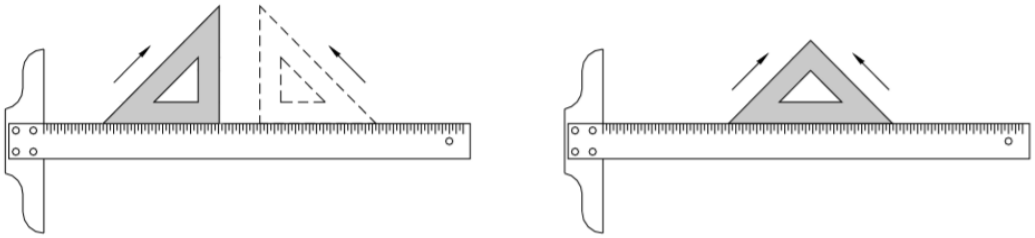
รูปที่ 1.25 การเขียนเส้นตรงในแนวเฉียงด้วยฉากสามเหลี่ยม (www.tatc.ac.th)



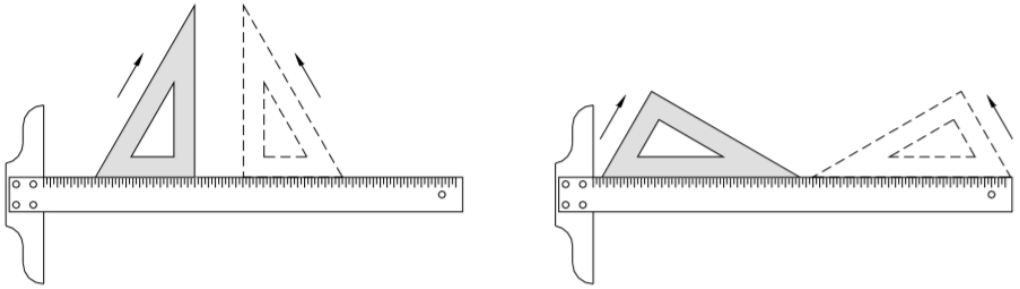
รูปที่ 1.26 แสดงการใช้ฉากสามเหลี่ยมเขียนเส้นตรงทำมุมเอียง 15 องศา (www.tatc.ac.th)



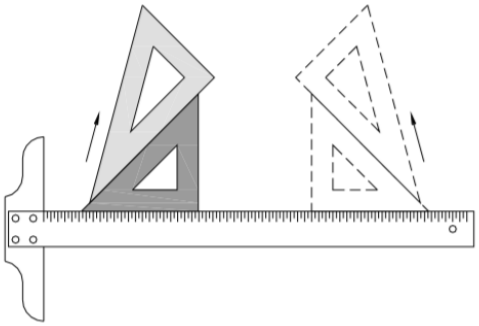
รูปที่ 1.27 แสดงการใช้ฉากสามเหลี่ยมเขียนเส้นตรงทำมุมเอียง 30 องศา (www.tatc.ac.th)



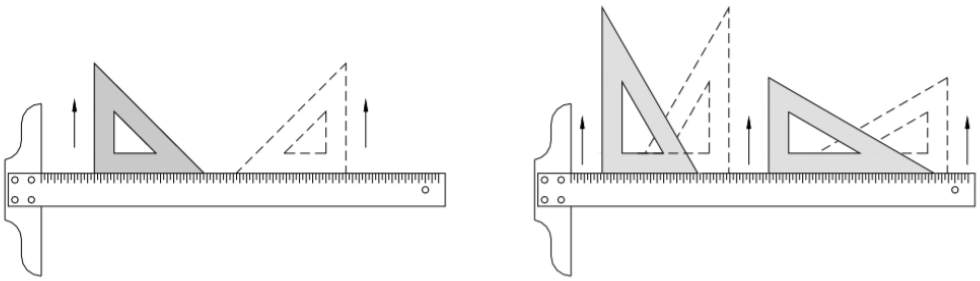
รูปที่ 1.28 แสดงการใช้ฉากสามเหลี่ยมเขียนเส้นตรงทำมุมเอียง 45 องศา (www.tatc.ac.th)



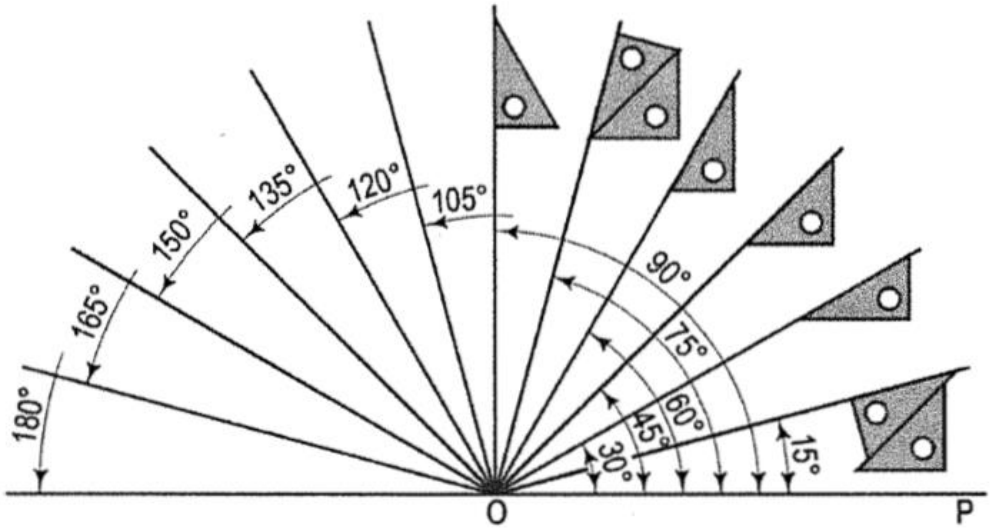
รูปที่ 1.29 แสดงการใช้ฉากสามเหลี่ยมเขียนเส้นตรงทำมุมเอียง 60 องศา (www.tatc.ac.th)



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



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

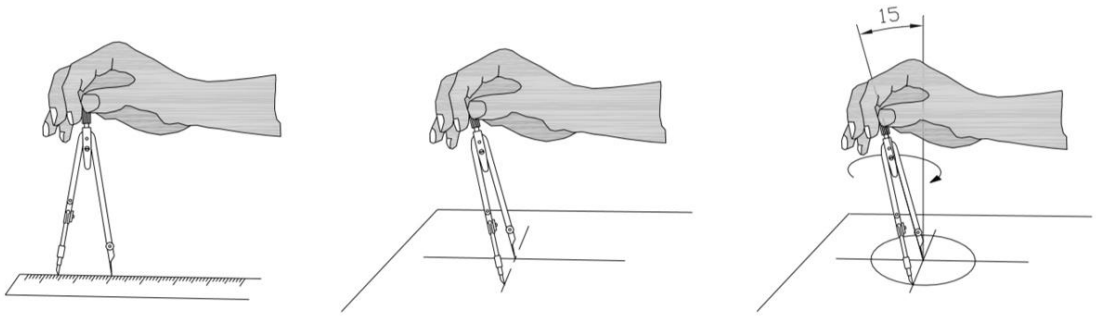


รูปที่ 1.32 แสดงการใช้ฉากสามเหลี่ยมเขียนเส้นตรงในแนวต่างๆ

(Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

1.4.3 การใช้วงเวียนเขียนวงกลมหรือส่วนโค้ง

วิธีการเขียนวงกลมหรือส่วนโค้ง ให้ปรับขาวงเวียนข้างที่เป็นเหล็กแหลมยาวกว่าข้างที่เป็นไส้เล็กน้อย เพราะปลายแหลมต้องปรับจมลงในกระดาษ ตั้งระยะรัศมีที่ต้องการกับสเกลบรรทัดเมื่อปรับได้รัศมีที่ต้องการแล้วจับด้ามวงเวียนด้วยนิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้วางปลายขาเหล็กวงเวียนลงในตำแหน่งจุดศูนย์กลางวงกลมหรือรัศมี เริ่มเขียนวงกลมหรือส่วนโค้งโดยหมุนวงเวียนตามเข็มนาฬิกาและให้เอนวงเวียนไปในทิศทางของการลากเส้นเล็กน้อยประมาณ 15 องศา พยายามหมุนวงเวียนเพียงครั้งเดียว เพื่อให้ได้เส้นที่คมและต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 1.33



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

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1

(1) จงอธิบายวัตถุประสงค์และความสำคัญของการเขียนแบบวิศวกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

(2) จงอธิบายรูปแบบในการเขียนแบบวิศวกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

(3) จงอธิบายองค์ประกอบของการเขียนแบบวิศวกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

(4) จงอธิบายประโยชน์ของไม้ทีหรือทีสไลด์

.....

.....

.....

.....

.....

(5) จงเรียงลำดับความเข้มของไส้ดินสอ

.....

.....

.....

.....

(6) จงอธิบายวิธีการติดกระดาษเขียนแบบบนโต๊ะเขียนแบบที่ถูกต้อง

.....

.....

.....

.....

.....

(7) จงอธิบายวิธีการใช้วงเวียนในการเขียนวงกลมหรือส่วนโค้งที่ถูกต้อง

.....

.....

.....

.....

.....

(8) จงอธิบายและวาดภาพประกอบการใช้ไม้ทีและบรรทัดสามเหลี่ยมในการเขียนเส้นทำมุมดังต่อไปนี้

(a) 15 องศา

(b) 75 องศา

(c) 135 องศา

บทที่ 2
มาตรฐานในงานเขียนแบบวิศวกรรม

มาตรฐานสำหรับการเขียนแบบ เป็นข้อกำหนดที่รวบรวมไว้ให้วิศวกรหรือช่างเทคนิคถือปฏิบัติร่วมกัน 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

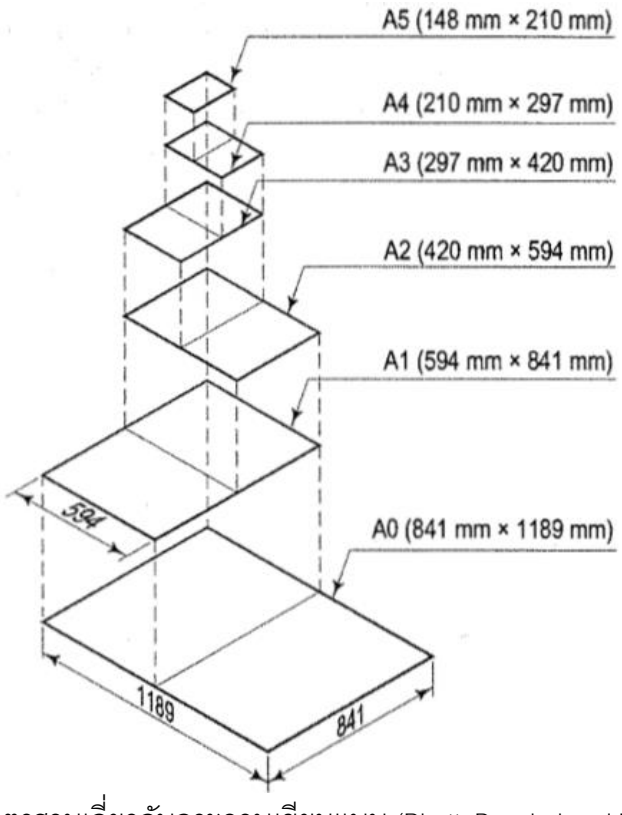
ประเทศ	รหัส	ชื่อเต็ม
USA	ANSI	American National Standard Institute
Japan	JIS	Japanese Industrial Standard
UK	BS	British Standard
Australia	AS	Australian Standard
Germany	DIN	Deutsches Institute fur Normung
International	ISO	International Standard Organization

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 และขนาดกระดาษที่เล็กที่สุดที่เหมาะในการใช้เขียนแบบคือ A4 มาตรฐานเกี่ยวกับกระดาษเขียนแบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

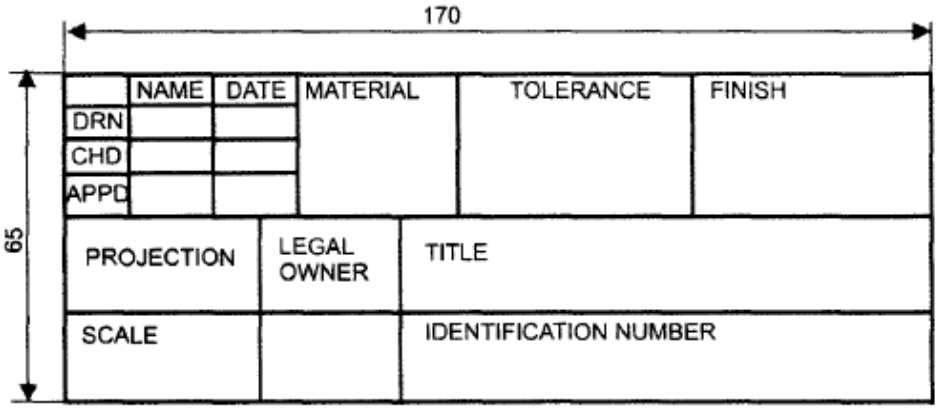


รูปที่ 2.1 มาตรฐานเกี่ยวกับกระดาษเขียนแบบ (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

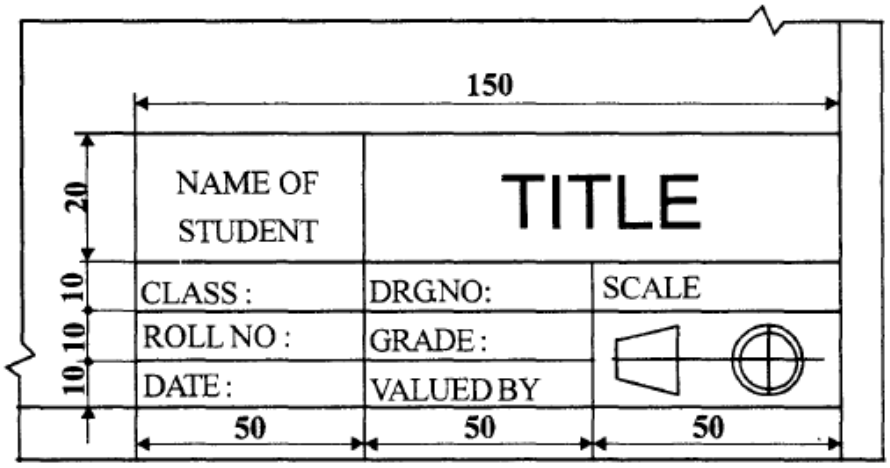
ในการเขียน Title block หรือตารางรายการแบบ ควรอยู่ภายในกรอบพื้นที่ของกระดาษเขียนแบบด้านล่างขวามือ ตารางรายการแบบสามารถมีความยาวสูงสุดได้ 170 มม. และประกอบด้วยรายละเอียดและข้อมูลสำคัญ ดังนี้

- 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

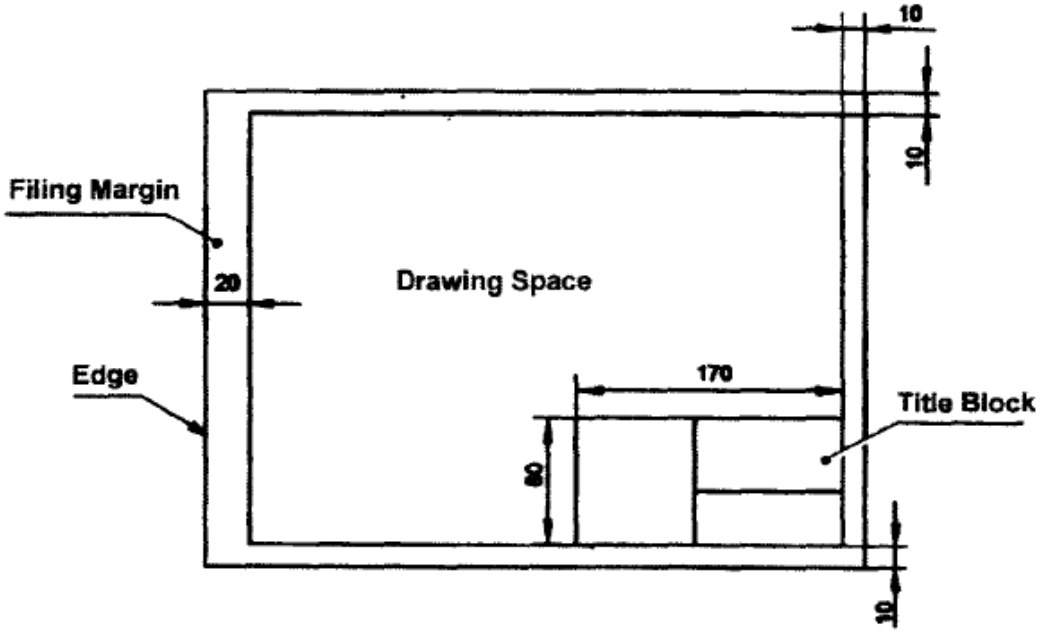


ก) สำหรับงานเขียนแบบทั่วไป



ข) สำหรับนักศึกษา

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



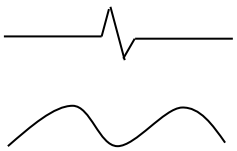
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างพื้นที่สำหรับการเขียนแบบ (Drawing Layout) (K.Venkata Reddy, 2008)

2.2 มาตรฐานเส้น

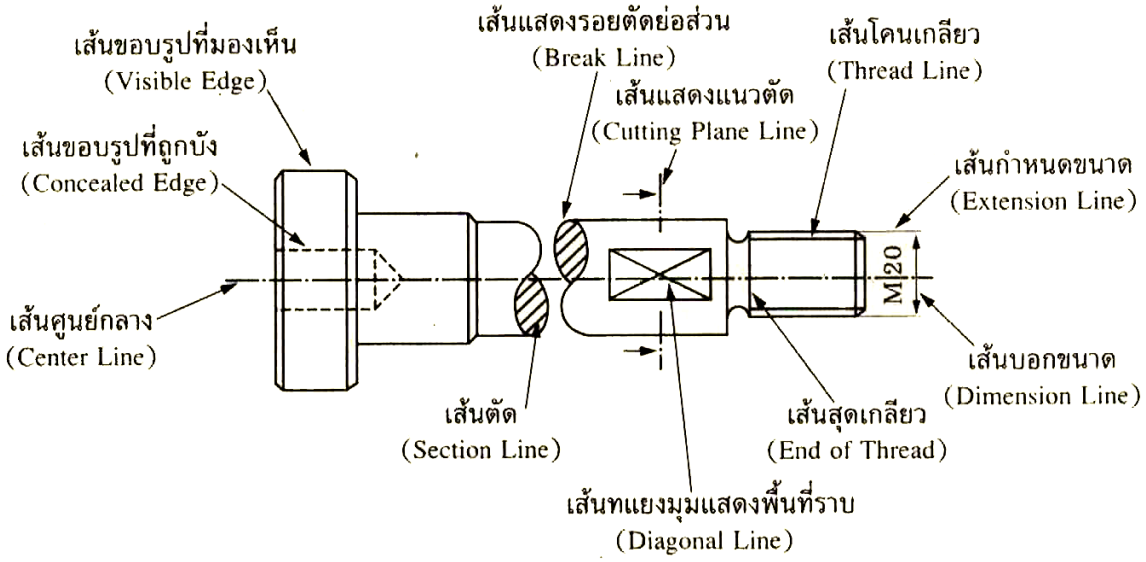
ในการเขียนแบบจำเป็นต้องมีการใช้เส้นที่มีความหนา (Thickness) และรูปแบบ (Style) ที่แตกต่างกัน เพื่อใช้แสดงลักษณะของชิ้นงาน ช่วยให้การสื่อสารและอ่านแบบสะดวก ชัดเจน และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ลักษณะเส้นที่สำคัญที่ใช้ในการเขียนแบบ มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานเส้นในงานเขียนแบบ

ชนิดของเส้น		**ความหนา (มม.)**	**ลักษณะการใช้งาน**
	เส้นเต็มหนา	0.5	• เส้นขอบรูปที่มองเห็น (Visible Edges) • เส้นสุดของเกลียว (End of Thread)
	เส้นเต็มบาง	0.25	• เส้นบอกขนาด (Dimension Line) • เส้นกำหนดขนาด (Extension Line) • เส้นอ้างอิง (Reference Line) • เส้นโคนเกลียว (Thread Line) • เส้นทแยงมุม (Diagonal Line) • เส้นตัด (Section Line) • เส้นแสดงการตัดย่อส่วน • เส้นชี้แสดงรายละเอียด (Part Line)
	เส้นประ (ยาวประมาณ 3-4 ช่องว่าง 1 มม.)	0.35	• เส้นขอบรูปที่ถูกบัง (Hidden line) • เส้นแสดงมุมที่มองไม่เห็น (Concealed Edges)
	เส้นศูนย์กลางหนา (ยาวประมาณ 7มม. ช่องว่าง 1 มม. เส้นสั้นเกือบเป็นจุด)	0.5	• เส้นแสดงแนวตัด (Cutting Plane Line)
	เส้นศูนย์กลางบาง (ยาวประมาณ 10 มม. ช่องว่าง 1 มม. เส้นเกือบเป็นจุด)	0.25	• เขียนเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลม ทรงกระบอก ทรงกลม เส้นกึ่งกลางของชิ้นงานที่มีลักษณะสมมาตร (Center Line)

ชนิดของเส้น		ความหนา (มม.)	ลักษณะการใช้งาน
	เส้นมือเปล่า	0.25	• เส้นแสดงรอยตัดย่อส่วน (Break Line) • เส้นแสดงรอยตัดเฉพาะส่วน (Broken Line) • เส้นร่างชิ้นร่างก่อนการเขียนแบบ

(ฝ่ายวิชาการ บริษัท สกายบุ๊ค จำกัด, 2553)



รูปที่ 2.4 ลักษณะเส้นที่ใช้ในการเขียนแบบ (ฝ่ายวิชาการ บริษัท สกายบุ๊ค จำกัด, 2553)

2.3 มาตรฐานตัวเลขและตัวอักษร

ในงานเขียนแบบนอกจากรูปภาพแล้ว ต้องมีการเขียนข้อความตัวหนังสือ ตัวเลขบอกขนาด และคำสั่งต่างๆ ในแบบ เพื่อช่วยให้ผู้ที่นำแบบไปใช้งานได้เข้าใจรายละเอียดของวัตถุได้อย่างถูกต้อง ตัวเลขและตัวอักษรมีส่วนสำคัญในงานเขียนแบบอย่างมาก ซึ่งสิ่งสำคัญที่จะทำให้ตัวอักษรหรือข้อความนั้นอ่านได้ง่าย คือ รูปร่างของตัวอักษรและช่องไฟระหว่างตัวอักษรและคำต้องมีความเหมาะสมไม่ชิดหรือว่าห่างจนเกินไป 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 1.8x$\sqrt{2}$ = 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

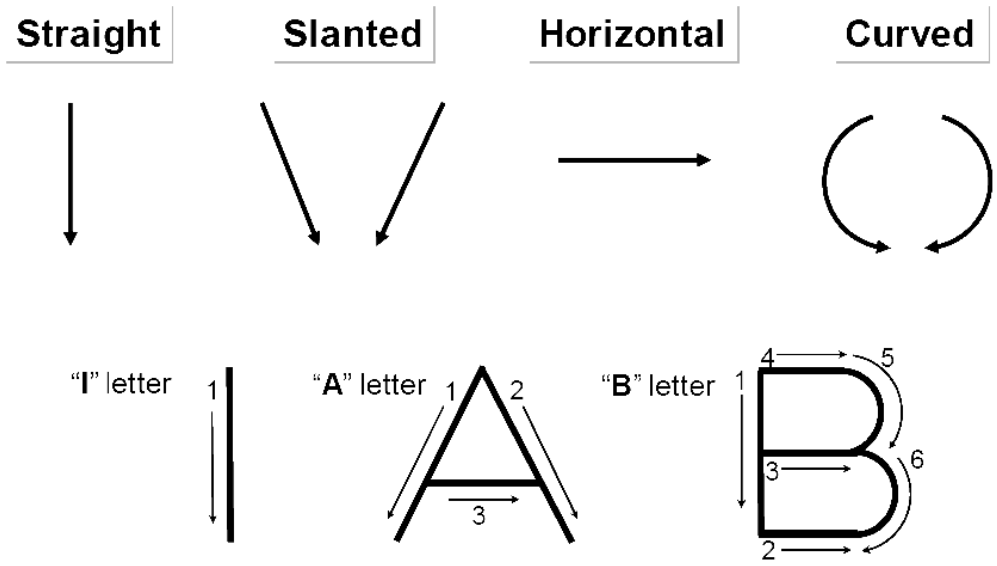
(ฝ่ายวิชาการ บริษัท สกายบุ๊ค จำกัด, 2553)

ตารางที่ 2.5 มาตรฐานความสูงของตัวอักษร

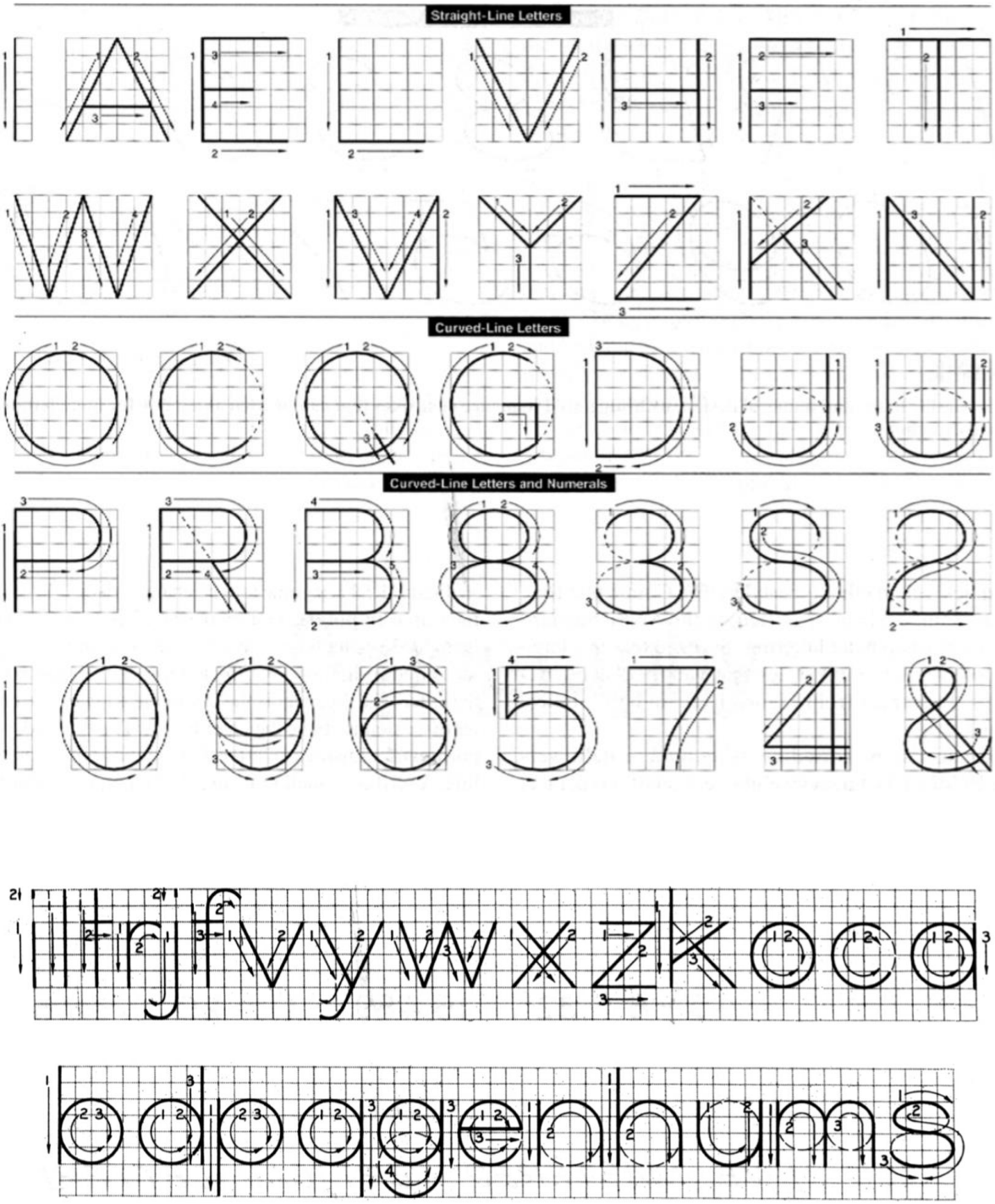
รายการ		ความสูงของตัวอักษร (มม.)			
		2.5	3.5	5	7
ความสูงอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ (*h*)	10/10h	2.5	3.5	5	7
ความสูงอักษรตัวพิมพ์เล็ก (*c*)	7/10h	-	2.5	3.5	5
ความหนาของเส้น	1/10h	0.25	0.35	0.5	0.7
ระยะห่างระหว่างบรรทัด (*d*)	14/10h	3.5	5	7	10
ระยะช่องไฟ	2/10h	0.5	0.7	1	1.4

(ฝ่ายวิชาการ บริษัท สกายบุ๊ค จำกัด, 2553)

การเขียนตัวอักษรที่ใช้ในงานเขียนแบบนั้นประกอบไปด้วยเส้นพื้นฐาน ได้แก่ เส้นดิ่ง เส้นเอียง เส้นนอน และเส้นโค้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และตัวอย่างการเขียนตัวอักษรภาษาอังกฤษ ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.4 ชนิดของเส้นแบบต่าง ๆ สำหรับการเขียนตัวอักษร



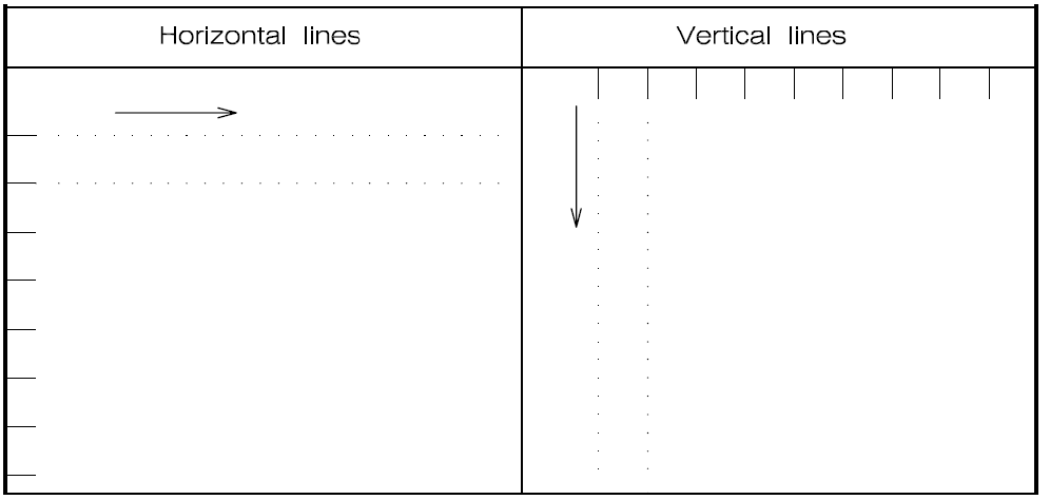
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการเขียนตัวเลขและตัวอักษรภาษาอังกฤษ

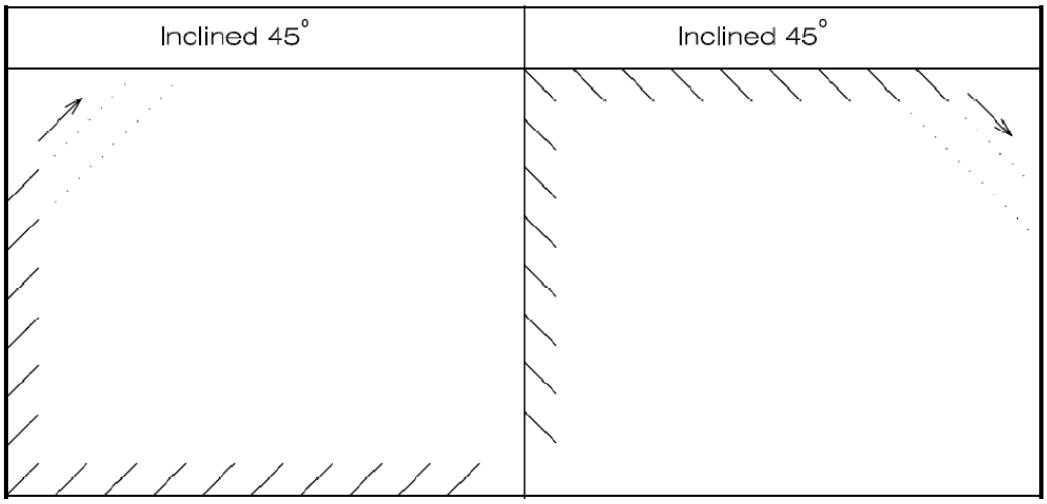
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2

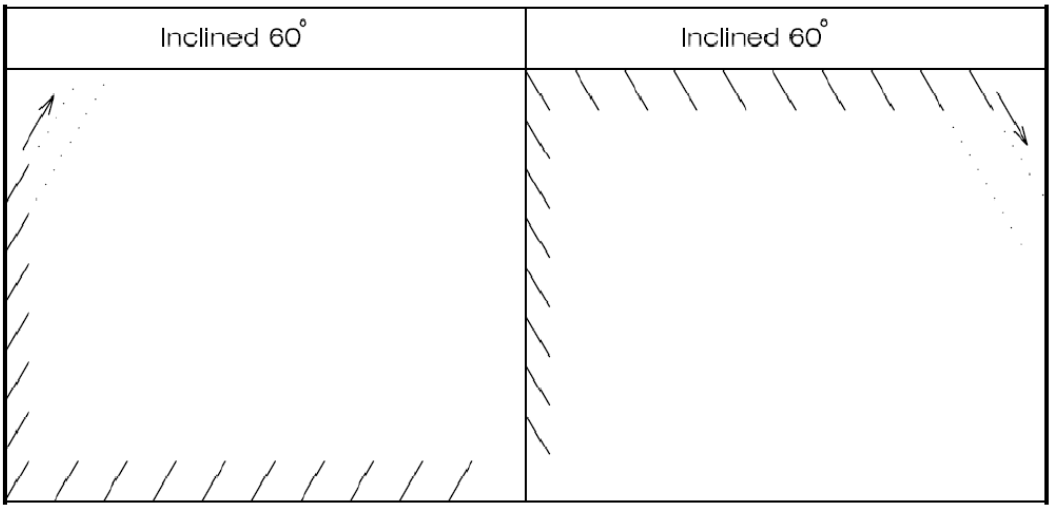
(1) เขียนอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ให้ได้สัดส่วนตามแบบ โดยห้ามใช้เครื่องมือช่วยในการเขียน

(2) เขียนอักษรตัวพิมพ์เล็กให้ได้สัดส่วนตามแบบ โดยห้ามใช้เครื่องมือช่วยในการเขียน

(3) เขียนเส้นตรงในแนวต่างๆ โดยใช้เครื่องมือช่วยในการเขียนแบบ

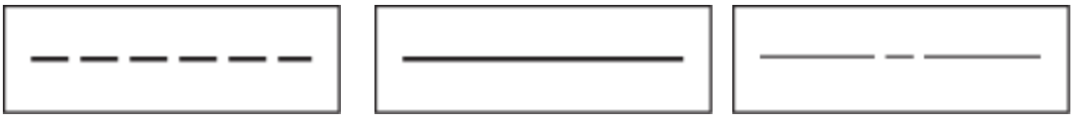




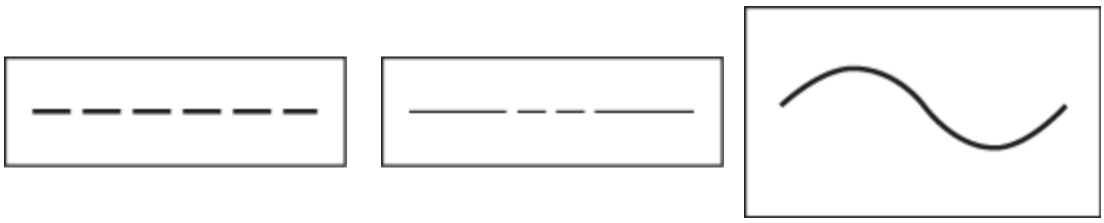


(4) จากรูปตัวเลือกดังต่อไปนี้ จงเลือกประเภทของเส้นให้ถูกต้อง

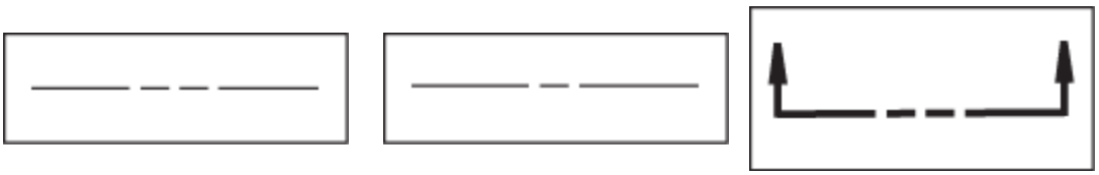
(a) Visible line



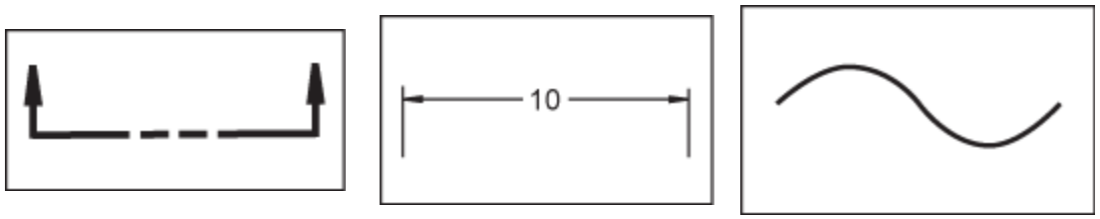
(b) Hidden line



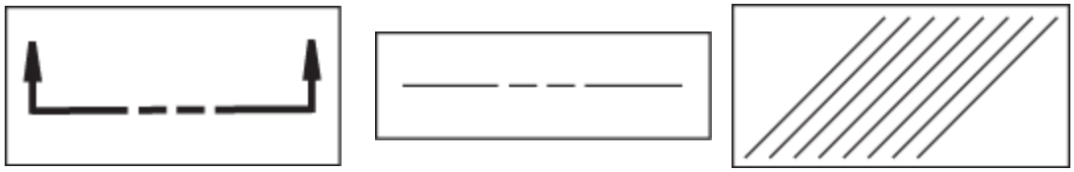
(c) Center line



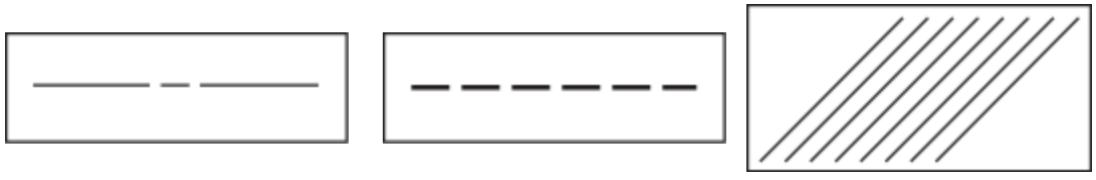
(d) Dimension & Extension lines



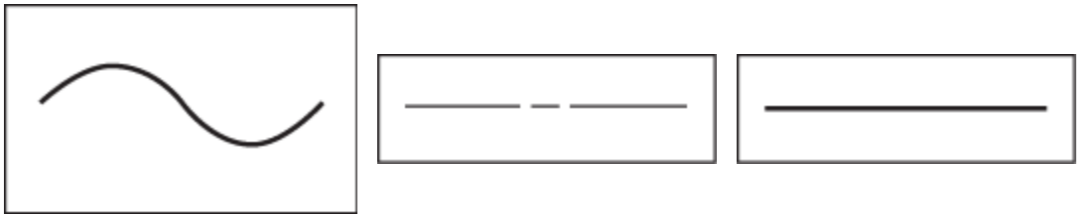
(e) Cutting plane line



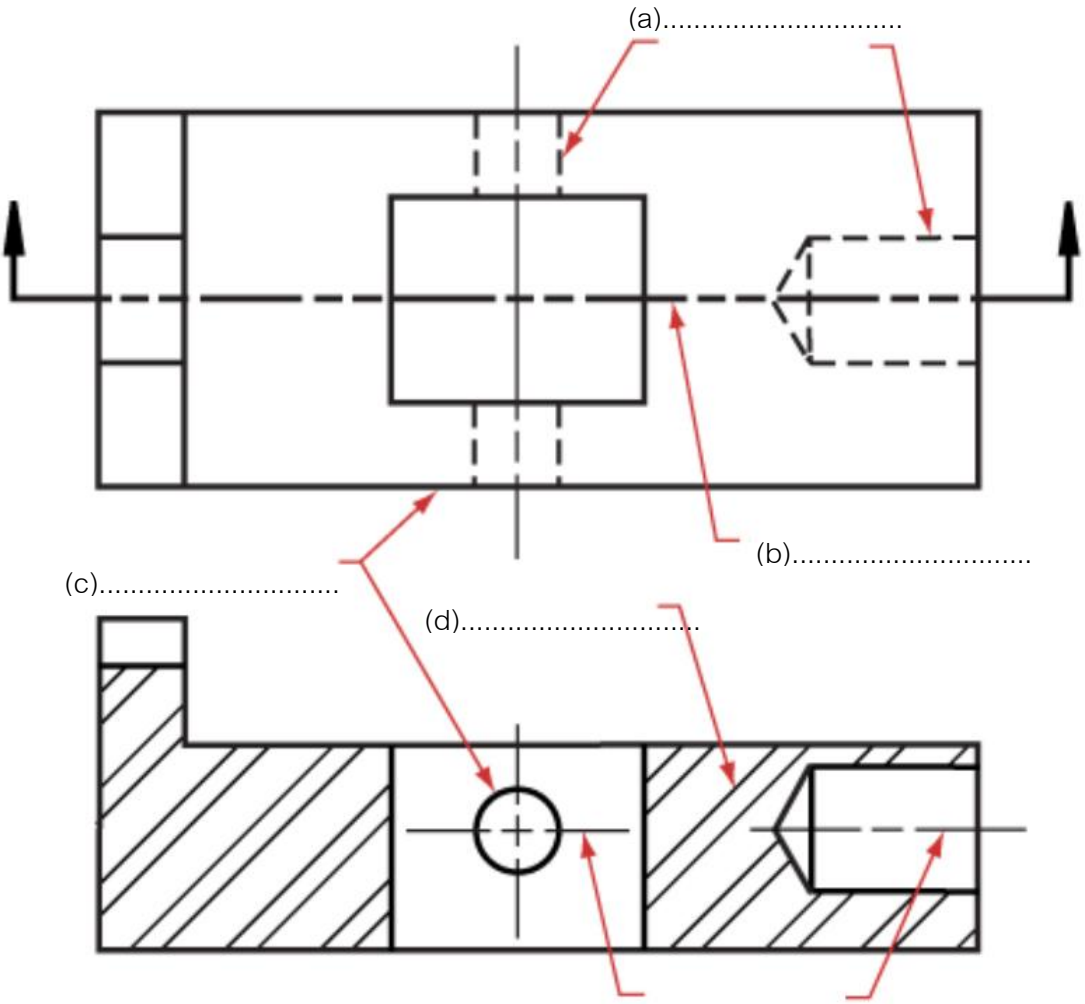
(f) Section lines



(g) Break lines



(5) จากรูปดังต่อไปนี้ จงระบุประเภทของเส้นให้ถูกต้อง



บทที่ 3
การกำหนดขนาด มาตราส่วน และค่าพิกัดความเผื่อ

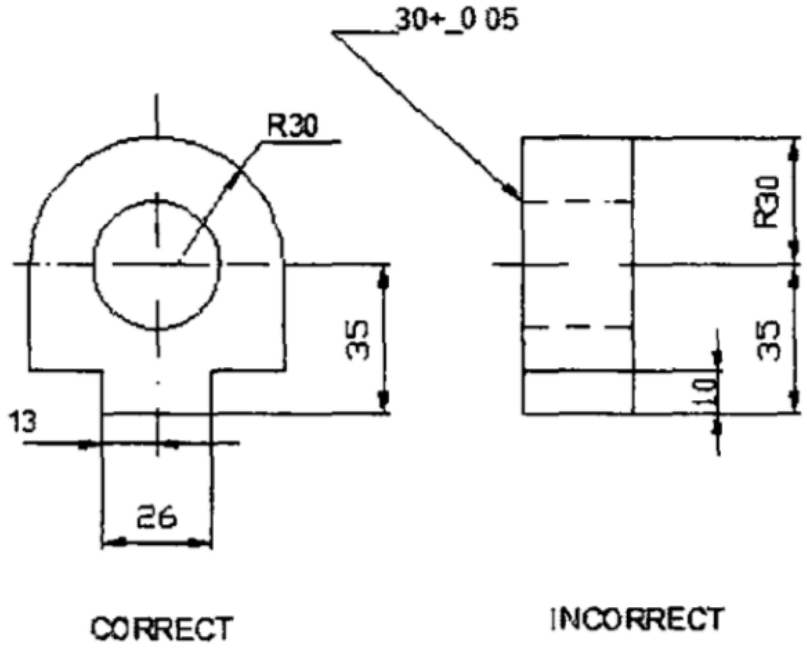
3.1 การกำหนดขนาดของมิติ

ส่วนประกอบของการเขียนแบบนอกเหนือจากการอธิบายรูปร่างที่สมบูรณ์แล้ว ยังต้องให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคำอธิบายขนาดด้วย ซึ่งเป็นระยะทางระหว่างพื้นผิว, ที่ตั้งของหลุม, ลักษณะของพื้นผิว และชนิดของวัสดุ เป็นต้น คำอธิบายขนาดหรือการกำหนดขนาด (Dimension) มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการเพิ่มข้อมูลต่างๆ ของขนาดลงไปในชิ้นงานสำหรับบ่งบอกรายละเอียดให้ถูกต้อง สมบูรณ์ ชัดเจน และไม่ก่อให้เกิดข้อผิดพลาดเมื่อนำไปใช้งาน ดังนั้น หากกำหนดขนาดผิดงานก็จะเสียใช่ไม่ได้ทันที การกำหนดขนาดจึงถือเป็นสิ่งที่ผู้เขียนต้องรอบคอบและระมัดระวังมากเพื่อได้งานแบบที่สมบูรณ์ที่สุด การแสดงคุณสมบัติเหล่านี้ในงานเขียนแบบ เป็นการใช้เส้น สัญลักษณ์ ตัวเลข และบันทึกย่อ

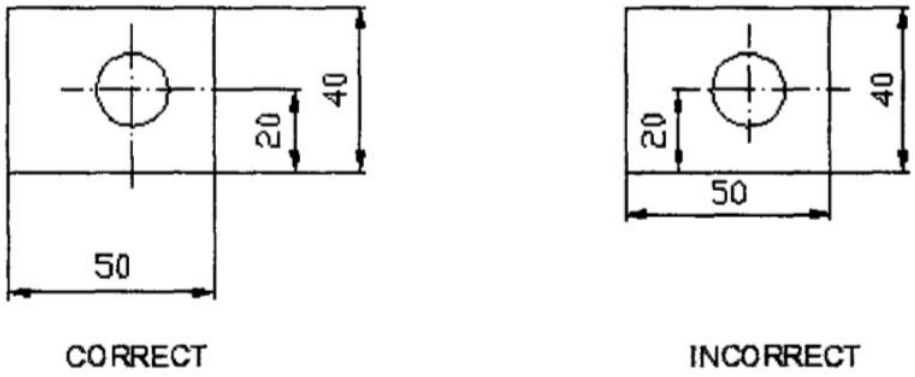
3.1.1 หลักการในการกำหนดขนาด

ตัวอย่างหลักการในการกำหนดขนาด ดังนี้

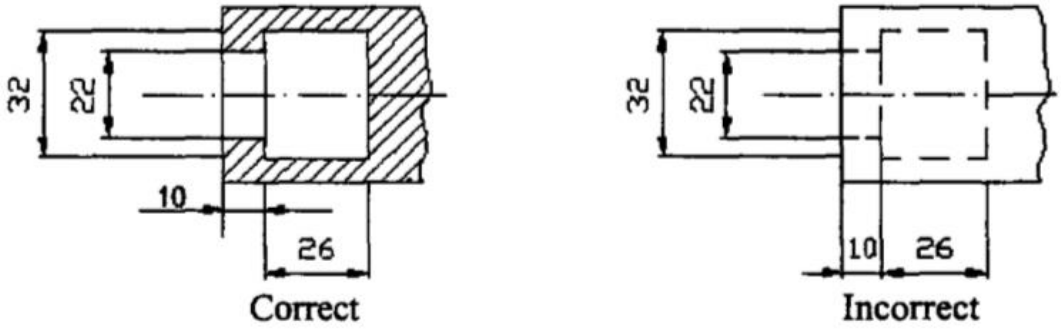
- ข้อมูลมิติทั้งหมดที่จำเป็นในการอธิบายองค์ประกอบอย่างชัดเจนและสมบูรณ์จะต้องถูกเขียนลงบนวัตถุโดยตรง
- คุณลักษณะแต่ละอย่างของแบบจะต้องถูกกำหนดมิติในภาพวาดเพียงครั้งเดียว กล่าวคือ มิติที่ทำเครื่องหมายกำหนดขนาดในมุมมองหนึ่งแล้ว จะไม่จำเป็นต้องทำซ้ำในมุมมองอื่นอีก
- ควรวางการกำหนดขนาดของมิติในมุมมองที่เห็นรูปร่างได้ดีที่สุด (รูปที่ 3.1)
- การกำหนดขนาดควรแสดงในหน่วยเดียว โดยทั่วไปแสดงในหน่วยมิลลิเมตรโดยไม่แสดงสัญลักษณ์หน่วย (มม.)
- ควรวางการกำหนดขนาดของมิติให้อยู่นอกชิ้นงานเท่าที่จะทำได้ (รูปที่ 3.2)
- ควรกำหนดขนาดของมิติโดยให้ข้อมูลจากโครงร่างที่มองเห็นได้แทนที่จะมองจากเส้นที่ถูกบังหรือซ่อนอยู่ (รูปที่ 3.3)
- ไม่ควรใช้เค้าร่างหรือเส้นกึ่งกลางเป็นเส้นบอกขนาด (Dimension line) โดยอาจต่อเส้นออกเพื่อทำหน้าที่เป็นเส้นกำหนดขนาด (Extension line) (รูปที่ 3.4)
- ควรกำหนดขนาดของมิติในระบบแนวตั้งและแนวนอนปกติ (Aligned system)



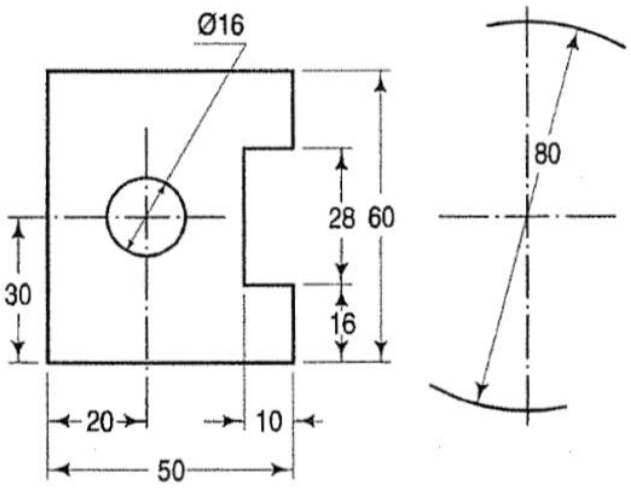
รูปที่ 3.1 การกำหนดขนาดของมิติในมุมมองที่เห็นรูปร่างได้ดีที่สุด (K.Venkata Reddy, 2008)



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 สิ้นสุดที่ปลายด้านนอกด้วยหัวลูกศรชี้ไปที่เส้นโครงร่าง (Outline) เส้นกำหนดขนาด (Extension line) หรือเส้นศูนย์กลาง (Center line)
- **เส้นนำทาง** (Leader or pointer lines) เป็นเส้นบางๆ ต่อเนื่อง ที่ถูกขีดเพื่อเชื่อมต่อบันทึกย่อ (Note) เพื่อแสดงคุณสมบัติและลักษณะ ปลายด้านหนึ่งของเส้นนำทางสิ้นสุดที่หัวลูกศรหรือจุด หัวลูกศรสัมผัสกับเส้นโครงร่างในขณะที่จุดวางอยู่ภายในเค้าโครงของวัตถุ
- **หัวลูกศร** (Arrowhead) หัวลูกศรวางที่ปลายแต่ละด้านของเส้นบอกขนาด ปลายแหลมนั้นสัมผัสกับเส้นกำหนดขนาด (Extension line) หรือเส้นศูนย์กลาง (Center line) ขนาดของหัวลูกศรควรเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมกับความหนาของโครงร่าง ความยาวของหัวลูกศรควรมีขนาดสูงสุดประมาณ 3 เท่าของความกว้าง โดยทั่วไปในการเขียนแบบวิศวกรรมหัวลูกศรจะปิดและเติมสีทึบ
- **ตัวเลขบอกขนาด** (Dimension number) มีความสูงประมาณ 2.5 – 3.0 มม. วางบนหรือกึ่งกลางของเส้นบอกขนาด

- **บันทึกย่อ** (Note) เป็นบันทึกให้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับวัตถุ ซึ่งจะแสดงบันทึกย่ออยู่นอกวัตถุ แต่ปลายอยู่ติดกับส่วนที่ต้องการแสดงข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติและลักษณะที่เกี่ยวข้อง
- **สัญลักษณ์บอกขนาด** (Dimension symbols) สัญลักษณ์บอกขนาดใช้แทนที่ข้อความ เป้าหมายของการใช้สัญลักษณ์การวัดขนาด คือ การกำจัดความจำเป็นในการแปลและสื่อความหมายให้ตรงกันแทนการใช้ภาษา

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างสัญลักษณ์บอกขนาด

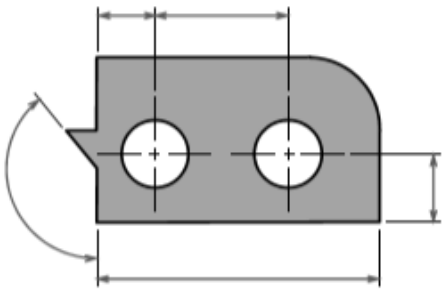
Type	Symbol
Diameter	∅
Spherical Diameter	S∅
Radius	R
Spherical Radius	SR
Reference Dimension	(8)
Counterbore / Spotface	⌴
Countersink	⌵
Number of times or places	X
Depth / Deep	↧
Dimension not to scale	10
Square (shape)	□
Arc length	5
Conical taper	▷
Slope	◺
Symmetry	⌯

(Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

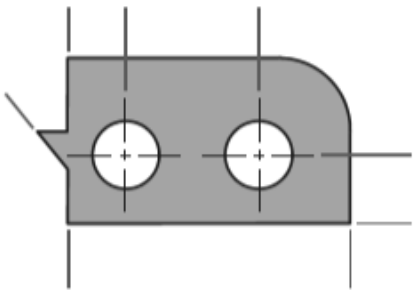
แต่ละส่วนประกอบของการกำหนดขนาดของมิติ สามารถแยกให้เห็นอย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 3.5 โดย**เส้นกำหนดขนาด** (Extension line) ซึ่งจะเป็นเส้นตรงที่ลากยื่นออกมาจากขอบของวัตถุที่ต้องการกำหนดขนาด หรือลากออกมาจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเมื่อต้องการบอกตำแหน่งของวงกลมนั้น และโดยปกติจะลากออกมาจากรูปเป็นคู่เพื่อใช้กำกับขอบเขตที่ต้องการกำหนดขนาด และ**เส้นบอกขนาด** (Dimension line) จะ

เป็นเส้นที่เริ่มและจบด้วย**หัวลูกศร (Arrowhead)** และใช้คู่กับเส้นบอกขนาด (Dimension line) เสมอ

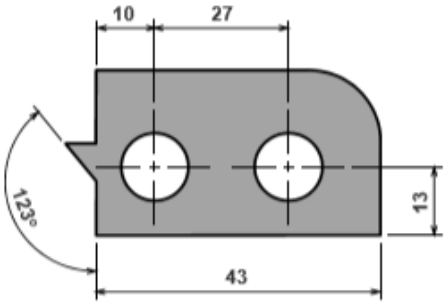
ตัวเลขสำหรับบอกขนาด (Dimension number) ซึ่งจะเขียนอยู่เหนือเส้นบอกขนาด (Dimension line) และขนาด ที่บอกนั้นจะเท่ากับระยะห่างระหว่างเส้นกำหนดขนาด (Extension line) ที่ตัวเลขนั้นไปวางตัวอยู่ระหว่างกลาง สำหรับ**เส้นนำทาง (Leader line)** ซึ่งจะเป็นเส้นที่ลากเฉียงมักใช้บอกขนาดกับวัตถุ โดยมีปลายด้านหนึ่งเป็นหัวลูกศร และปลายอีกด้านหนึ่งเป็นเส้นแนวนอนสั้นๆ และปลายที่เป็นหัวลูกศรนั้นจะต้องจรดกับส่วนโค้งที่ต้องการบอกขนาด และ**บันทึกย่อ (Note)** ซึ่ง จะใช้คู่กับเส้นนำทาง เพื่อบอกข้อมูลที่เกี่ยวกับวัตถุนั้น โดยจะเขียนข้อความนี้เหนือเส้นแนวนอนสั้นๆ



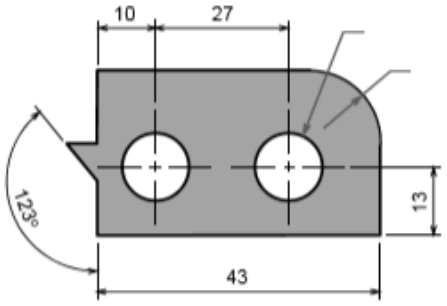
(ก) Dimension line



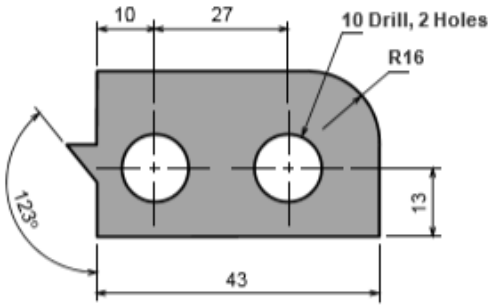
(ข) Extension line



(ค) Dimension number



(ง) Leader line



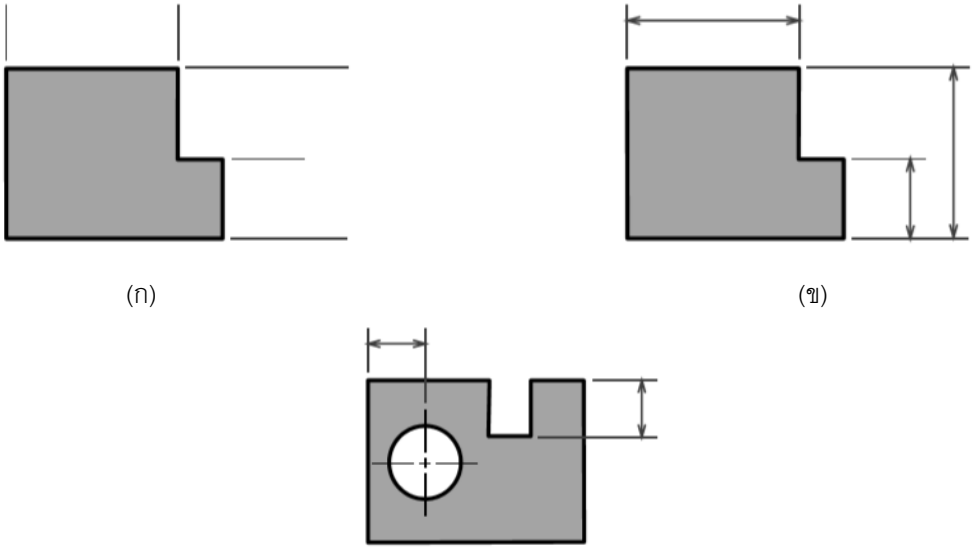
(จ) Local notes

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างของส่วนประกอบสำหรับการกำหนดขนาด (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

3.1.3 การกำหนดขนาดของมิติในทางปฏิบัติ

ตัวอย่างการกำหนดขนาดของมิติในทางปฏิบัติ มีหลักการดังนี้

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



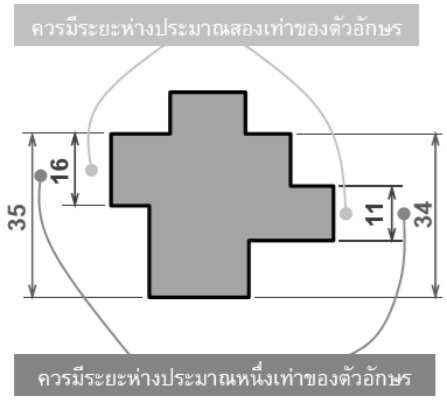
(ก) (ข)

(ค)

รูปที่ 3.5 การเขียนเส้นกำหนดขนาด (Extension lines)

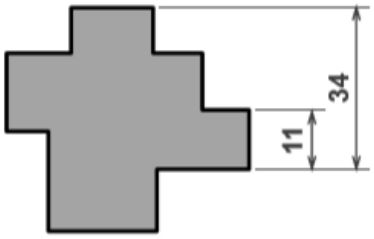
(จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

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



รูปที่ 3.6 การเว้นระยะห่างระหว่างเส้นบอกขนาด (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

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



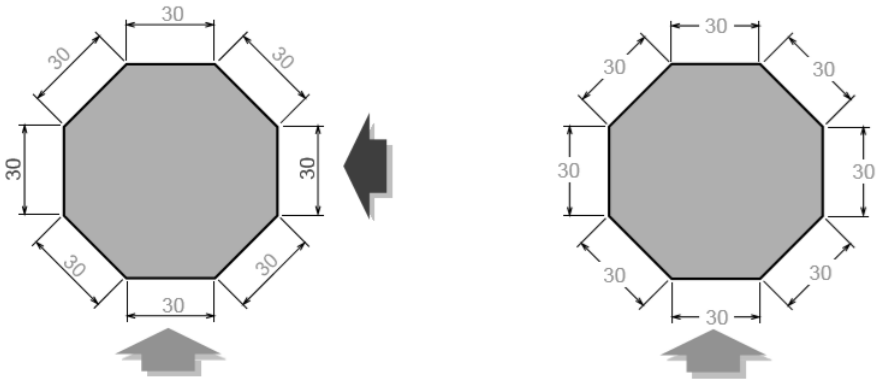
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการเขียนตัวเลขบอกขนาด (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

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

(ก) กรณีเขียนตัวเลขไม่พอ (ข) กรณีเขียนหัวลูกศรไม่พอ

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการเขียนตัวเลขบอกขนาดในกรณีที่มีที่ว่างไม่พอ
(จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

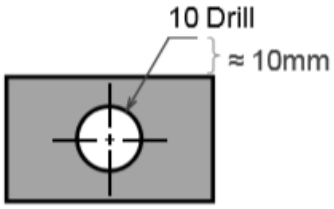
มาตรฐานของแนวการวางตัวของตัวเลขสำหรับบอกขนาดมี 2 รูปแบบ คือ รูปแบบ Aligned และรูปแบบ Unidirectional โดยรูปแบบ Aligned ตัวเลขจะต้องถูกวางตัวให้สามารถอ่านได้เมื่ออ่านจากทางด้านล่างหรือด้านขวาของกระดาษเขียนแบบ ส่วนรูปแบบ Unidirectional นั้นตัวเลขจะถูกเขียนให้อ่านได้จากทางด้านล่างของกระดาษเขียนแบบเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น โดยผู้เขียนเลือกที่จะใช้รูปแบบการเขียนแบบใดแล้วควรใช้รูปแบบนั้นกับทุกๆงานเขียนแบบที่ใช้เกี่ยวเนื่องกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.9



(ก) การเขียนตัวเลขแบบ Aligned (ข) กรณีเขียนหัวลูกศรไม่พอ Undirectional

รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการเขียนตัวเลขบอกขนาดแบบ Aligned และ Unidirectional (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

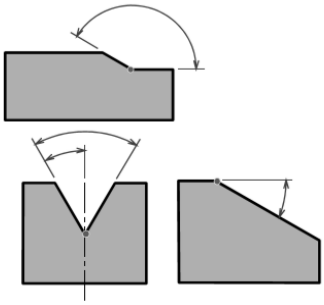
- **บันทึกย่อ (Note)** ตำแหน่งการวางตัวของข้อความที่เป็นหมายเหตุควรวางให้ใกล้กับบริเวณที่ข้อความนั้นกล่าวถึง และควรวางตัวอยู่นอกรูป ข้อความที่เขียนต้องเขียนให้อ่านได้ในแนวนอนเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างการเขียนหมายเหตุเฉพาะที่ (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

3.1.4 การกำหนดขนาดของมิติสำหรับส่วนต่าง ๆ ของวัตถุ

- **การบอกขนาดมุม** การบอกขนาดของมุมจะใช้เส้นบอกขนาด (Dimension line) แบบโค้ง ซึ่งการลากเส้นโค้งนี้จะต้องใช้จุดยอดของมุมที่ต้องการบอกขนาดเป็นจุดศูนย์กลางสำหรับการเขียนส่วนโค้งนั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.11

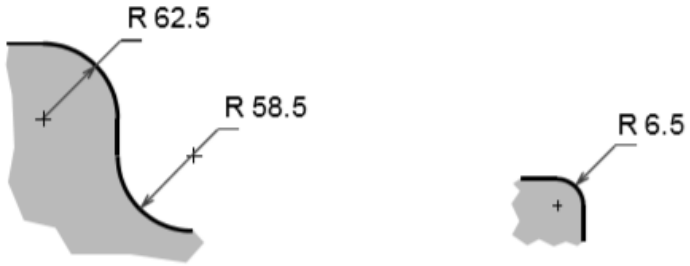


รูปที่ 3.11 ตัวอย่างการบอกขนาดมุม (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

- **การบอกขนาดส่วนโค้ง** บอกเป็นรัศมีโดยใช้เส้นนำทาง (Leader line) ในการช่วยบอกขนาด ซึ่งควรลากให้เอียงทำมุมประมาณ 30 – 60 องศาเทียบกับแนวระดับ ซึ่งหัวลูกศรของเส้นนำทางจรดที่ส่วนโค้ง และแนวของเส้นต้องผ่านจุดศูนย์ (อาจไม่จำเป็นต้องผ่านจุดศูนย์กลาง) และต้องบอกในภาพที่เห็นขนาดจริงของส่วนโค้งนั้น โดยใช้ตัวอักษร R (แทนคำว่า Radius) ตามด้วยตัวเลขเพื่อบอกขนาดของรัศมี ทั้งนี้ตัวเลขบอกขนาดและหัวลูกศรควรวางอยู่ภายในส่วนโค้งทั้งคู่ ดังแสดงในรูปที่ 3.12

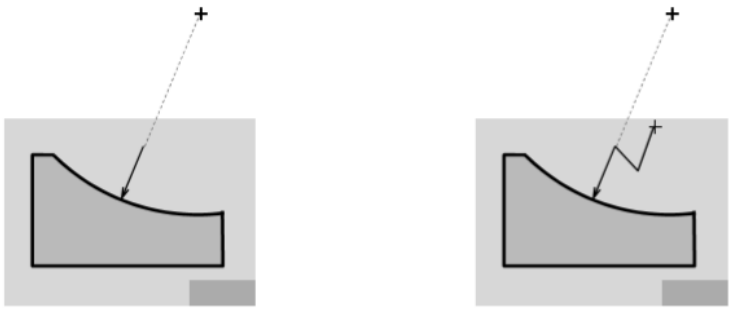
รูปที่ 3.12 การบอกขนาดส่วนโค้ง (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

ในกรณีที่ไม่สามารถเขียนตัวเลขบอกขนาดและหัวลูกศรไว้ภายในส่วนโค้งทั้งคู่ได้ สามารถนำตัวเลขบอกขนาดไปเขียนนอกส่วนโค้งได้ และกรณีที่ส่วนโค้งมีขนาดเล็กมากไม่สามารถแม้แต่จะเขียนหัวลูกศรได้ ก็สามารถเขียนหัวลูกศรและตัวเลขบอกขนาดไว้นอกส่วนโค้งทั้งหมดได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.13



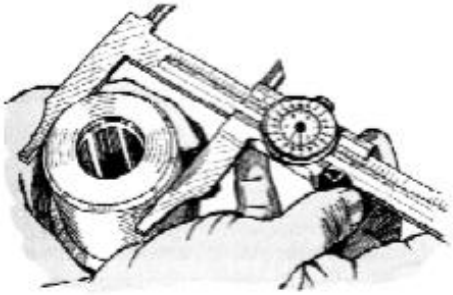
รูปที่ 3.13 การบอกขนาดส่วนโค้งเมื่อมีช่องว่างในการเขียนไม่พอ
(จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

ในกรณีที่ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางส่วนโค้งอยู่นอกกระดาษเขียนแบบหรือไปอยู่ซ้อนทับกับภาพข้างเคียง สามารถย่อเส้นบอกขนาดให้สั้นลงได้ แต่แนวของเส้นยังต้องผ่านจุดศูนย์กลางอยู่เช่นเดิม หรืออาจเขียนจุดศูนย์กลางสมมติ ดังแสดงในรูปที่ 3.14

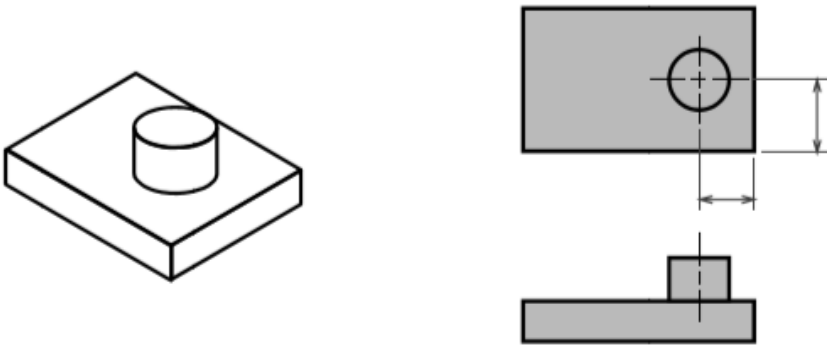


รูปที่ 3.14 การเขียนเส้น Leader lines เมื่อจุดศูนย์กลางอยู่นอกกระดาษเขียนแบบ (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

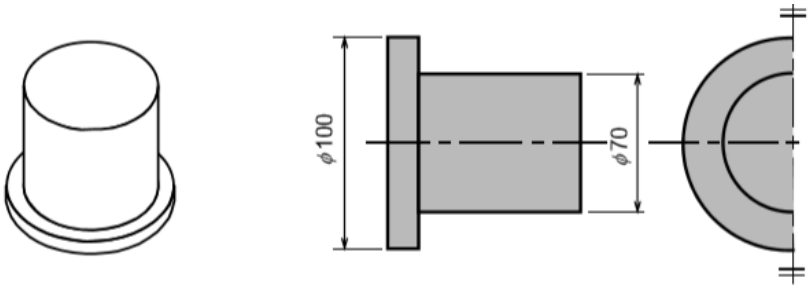
- **การบอกขนาดทรงกระบอก** ต้องให้ข้อมูลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของทรงกระบอกเนื่องจากสามารถวัดขนาดได้ด้วยเครื่องมือ (ดังรูปที่ 3.15) การให้ขนาดรัศมีจะไม่สามารถหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางเพื่อวัดรัศมีได้ การบอกข้อมูลที่เกี่ยวกับตำแหน่งของทรงกระบอก จะต้องบอกไปยังจุดศูนย์กลางของทรงกระบอก และควรให้ข้อมูลนี้ การให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงกระบอก ควรให้เห็นทรงกระบอกตามความยาวและเขียนสัญลักษณ์ $\varnothing$ นำหน้าตัวเลขเพื่อบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ดังแสดงในรูปที่ 3.16 ถึงรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.15 การวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกระบอก (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

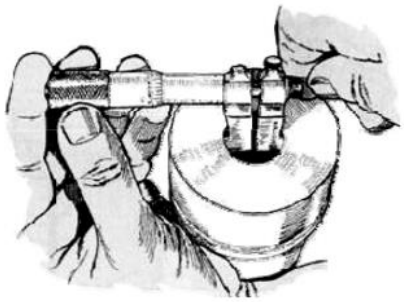


รูปที่ 3.16 การบอกตำแหน่งของทรงกระบอก (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

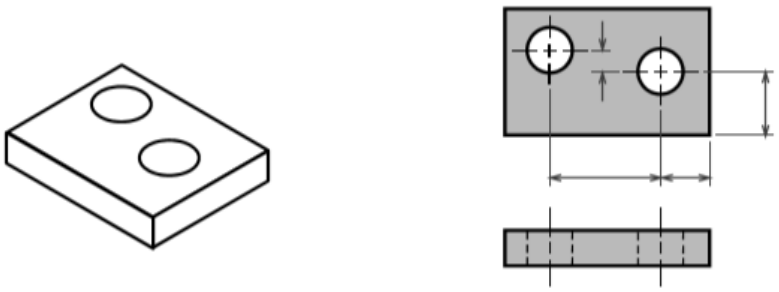


รูปที่ 3.17 การให้ขนาดเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกระบอก (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

- **การบอกขนาดรู** ต้องบอกขนาดเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางและความลึก เนื่องจากสามารถวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูด้วยเครื่องมือเช่นกันกับการบอกขนาดของทรงกระบอก (รูปที่ 3.18)

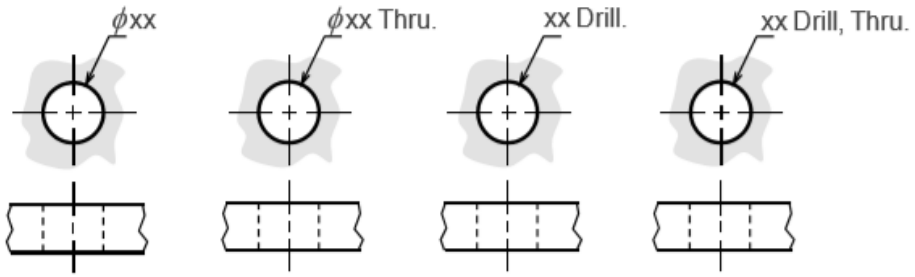


รูปที่ 3.18 การวัดขนาดรู
(จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

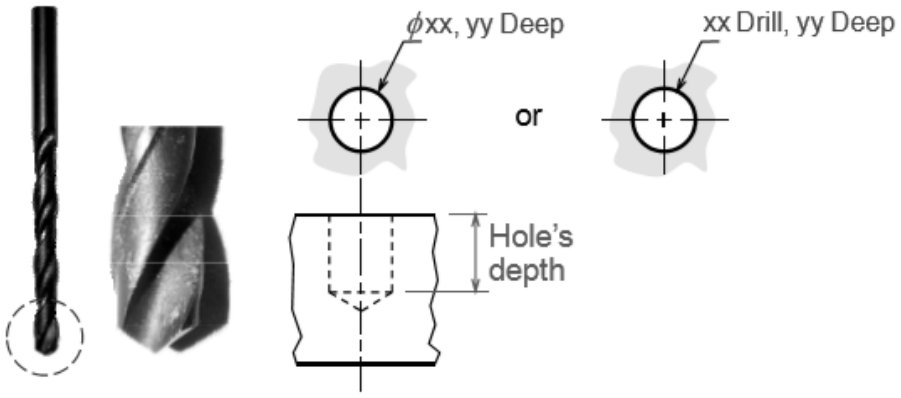


รูปที่ 3.19 การบอกตำแหน่งของรู (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

การบอกขนาดของรูใช้เส้นนำทาง (Leader line) และหมายเหตุเฉพาะที่เพื่อบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความลึกของรู ในกรณีที่รูมีขนาดเล็กและรูนั้นถูกเจาะทะลุ ให้เขียนบอกดังที่แสดง ในรูปที่ 3.20 ส่วนในกรณีที่รูเจาะไม่ทะลุ การบอกขนาดก็สามารถทำได้เช่นเดียวกัน เพียงแต่เพิ่มเติมข้อความบอกความลึกของรูเจาะดังแสดงในรูปที่ 3.21

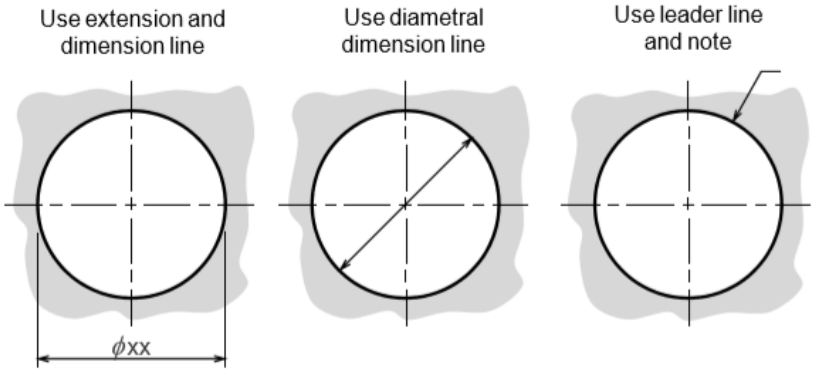


รูปที่ 3.20 การบอกขนาดของรูเจาะทะลุ (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)



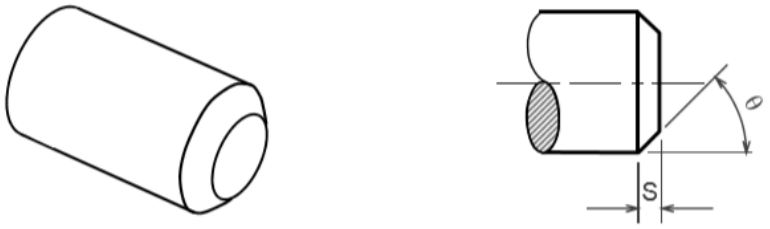
รูปที่ 3.21 การบอกขนาดของรูเจาะไม่ทะลุ (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

กรณีที่รูเจาะมีขนาดใหญ่สามารถบอกขนาดรูได้โดยใช้รูปแบบใดรูปแบบ อาจใช้เส้นกำหนดขนาด (Extension line) และเส้นบอกขนาด (Dimension line) ในการบอกขนาด ดังแสงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 การบอกขนาดสำหรับรูขนาดใหญ่ (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

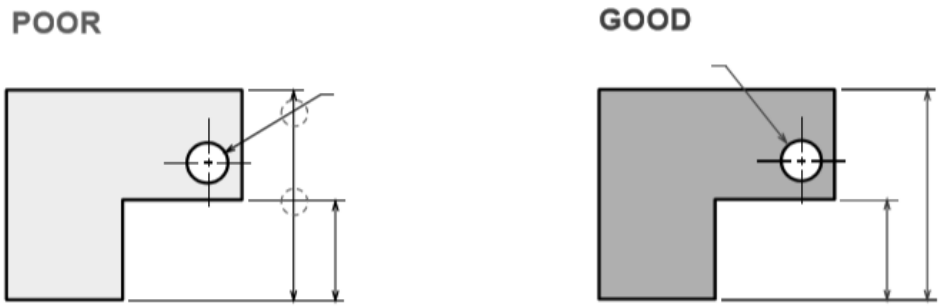
- **การบอกขนาด Chamfer** หรือแนวระนาบเอียงที่เกิดขึ้นบริเวณขอบของวัตถุที่มีลักษณะเหมือนการลบมุมนั้น โดยข้อมูลที่ต้องใช้ในการบอกขนาดของ Chamfer นี้จะประกอบด้วยมุมและระยะที่จะทำ Chamfer ดังแสดงในรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 ทรงกระบอกที่มี Chamfer (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

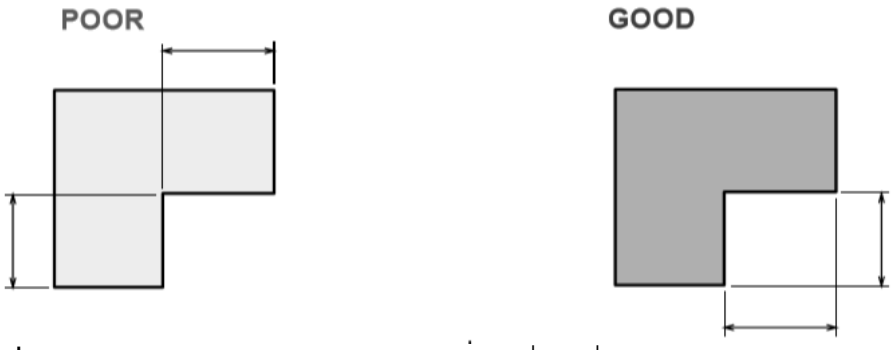
3.1.5 ข้อแนะนำในการวางตำแหน่งของการบอกขนาดของมิติ

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



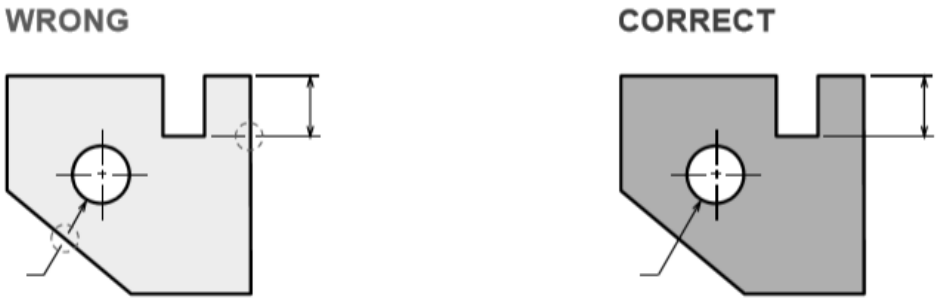
รูปที่ 3.24 การวางตำแหน่งเส้นกำหนดขนาด เส้นนำทาง และเส้นบอกขนาด (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

- ควรลากเส้นกำหนดขนาด (Extension line) ออกจากจุดที่ใกล้ที่สุดที่ต้องการบอกขนาดดัง ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 การลากเส้นกำหนดขนาดออกจากจุดที่ใกล้ที่สุด (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

- ถ้าบริเวณที่ต้องการบอกขนาดอยู่ภายในรูปแล้วเส้นกำหนดขนาด (Extension line) หรือเส้นนำทาง (Leader line) จะต้องลากออกจากจุดที่อยู่ในรูปนั้น และให้ลากเส้นผ่านเส้นโครงรูปวัตถุโดยไม่ต้องเว้นช่องว่าง ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 การลากเส้นกำหนดขนาด (Extension line) หรือเส้นนำทาง (Leader line) ผ่านเส้นโครงรูปวัตถุ (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

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

รูปที่ 3.27 ห้ามใช้เส้นรูปเส้นศูนย์กลางหรือเส้นบอกขนาดแทนเส้นกำหนดขนาด (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

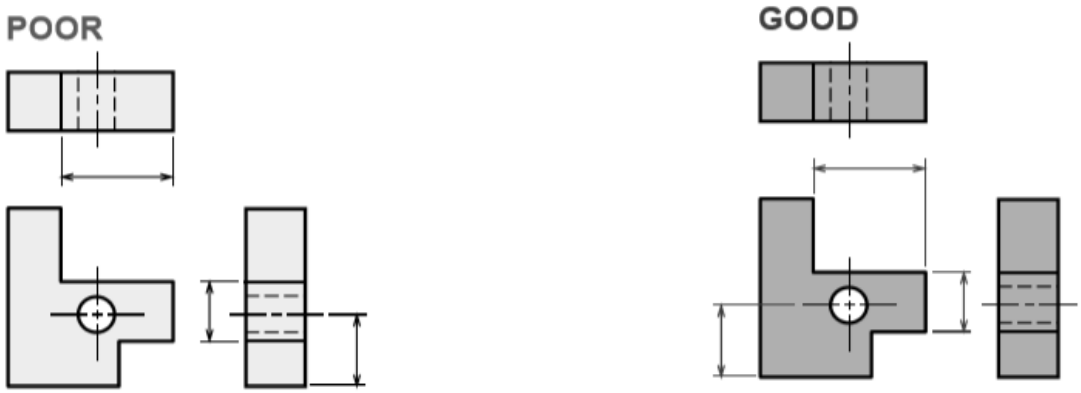
- หลีกเลี่ยงการบอกขนาดกับเส้นประ ดังแสดงในรูปที่ 3.28

รูปที่ 3.28 การหลีกเลี่ยงการบอกขนาดกับเส้นประ (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

- ควรวางข้อมูลที่ต้องการบอกขนาดไว้นอกรูปวัตถุ นอกจากการวางข้อมูลนั้นในรูปจะทำให้ข้อมูลที่ชัดเจนกว่าหรือสามารถอ่านข้อมูลได้ง่ายกว่า ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.29

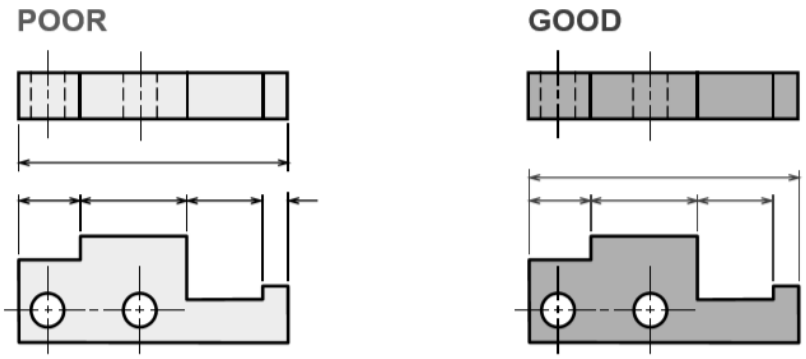
รูปที่ 3.29 การบอกขนาดไว้นอกรูปวัตถุ (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

- ควรจัดการลงขนาดให้อยู่รวมกันเป็นกลุ่มให้ได้มากที่สุด ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 การจัดการลงขนาด (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

- อย่าลงขนาดซ้ำซ้อน เช่น ถ้าบอกขนาดความกว้างของวัตถุในด้านหนึ่งแล้วไม่ต้องบอกขนาดความกว้างนั้นซ้ำในภาพอีกด้าน ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3.31



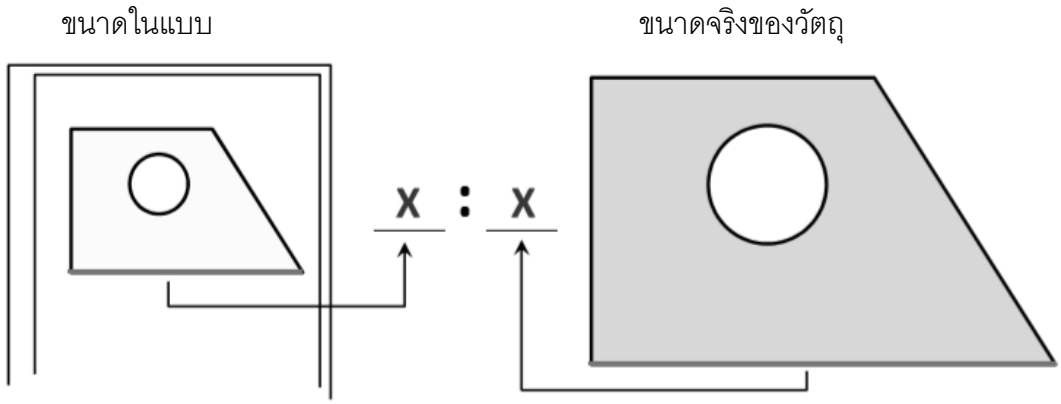
รูปที่ 3.31 การบอกขนาดไม่ซ้ำซ้อน (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

3.2 มาตราส่วน (Scale)

ในทางปฏิบัติเป็นไปไม่ได้ที่จะเขียนแบบวัตถุให้มีขนาดตามจริงเสมอไป หากขนาดเชิงเส้นที่แท้จริงของวัตถุแสดงในรูปวาดเท่ากับขนาดจริง จะเป็นสิ่งที่พึงปรารถนาอย่างยิ่งในการทำภาพวาด แต่บางครั้งวัตถุนั้นมีขนาดใหญ่เกินไปและไม่สามารถเขียนลงกระดาษเขียนแบบ จึงต้องย่อหรือหากชิ้นงานเล็กก็ต้องขยาย ดังนั้น การใช้มาตราส่วนจึงมีความสำคัญอย่างมากผู้เขียนแบบต้องคำนึงถึงสัดส่วนของชิ้นงานที่เขียนลงในแบบว่ามีความเหมาะสมกับกระดาษหรือไม่

3.2.1 ความหมายของมาตราส่วน

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



รูปที่ 3.32 ความหมายของมาตราส่วน (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

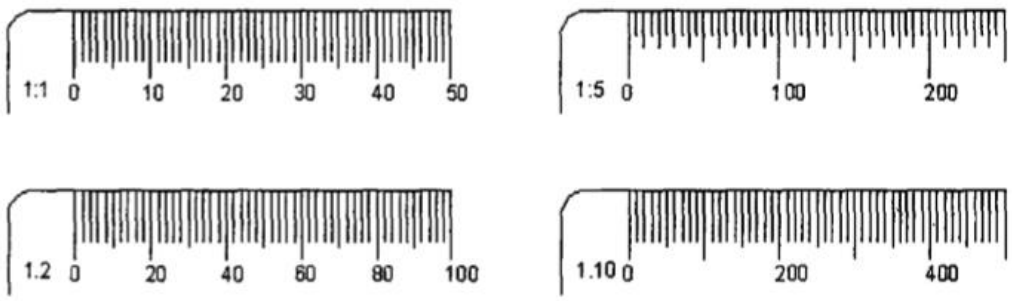
3.2.2 ประเภทของมาตราส่วน

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) เมื่อวาดภาพวาดมีขนาดเล็กกว่าขนาดที่แท้จริงของวัตถุ (เช่น ในกรณีของอาคาร สะพาน เครื่องจักรขนาดใหญ่ ฯลฯ) มาตราส่วนที่ใช้จะเรียกว่าเป็นมาตราส่วนย่อ(เช่น 1: 5) ในขณะที่ภาพวาดของชิ้นส่วนเครื่องจักรขนาดเล็ก เครื่องมือ นาฬิกา และอื่น ๆ นั้นมีขนาดใหญ่กว่าขนาดจริง เรียกว่ามาตราส่วนขยาย (เช่น 5: 1)



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

มาตราส่วนสามารถแสดงได้ 3 วิธีดังต่อไปนี้

- Engineering scale **(มาตราส่วนวิศวกรรม)** ในกรณีนี้ความสัมพันธ์ระหว่างมิติในการวาดและมิติที่แท้จริงของวัตถุนั้นถูกกล่าวถึงเป็นตัวเลข เช่น 10 มม. = 5 ม. เป็นต้น
- Graphic scale **(มาตราส่วนกราฟิก)** มาตราส่วนที่เขียนลงบนแบบ ถูกใช้เมื่อมาตราส่วนวิศวกรรมไม่ถูกต้องเนื่องจากการย่อขยายของแบบในกระดาษ ซึ่งกรณีดังกล่าวไม่มีผลกับมาตราส่วนกราฟิกเพราะหากแบบย่อขนาดลง มาตราส่วนกราฟิกก็จะลดขนาดลงเช่นกัน โดยมาตราส่วนแบบกราฟิกมักใช้ในแผนที่สำรวจ
- Representative fraction (R.F.) **(เศษส่วนตัวแทน)** คือ อัตราส่วนของความยาวของวัตถุที่แสดงในแบบกับความยาวที่แท้จริงของวัตถุที่นำเสนอ ดังสมการที่ 3.1

$$R.F. = \frac{\text{ความยาวของวัตถุในแบบ (Length of the drawing)}}{\text{ความยาวจริงของวัตถุ (Actual length of object)}} \quad (3.1)$$

ตัวอย่างเช่น เมื่อ ความยาวของเส้น 1 ซม. ในแบบถูกใช้แทนความยาว 1 ม. ของวัตถุจริง ค่า R.F = 1 cm/1 m. = 1/100 และมาตราส่วนในแบบเขียนเป็น 1 : 100

3.3 ค่าพิกัดความเผื่อ (Tolerance)

สำหรับชิ้นงานที่ต้องมีการประกอบเข้าด้วยกันนั้น ขนาดและรูปร่างของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นมีความสำคัญต่อการใช้งานร่วมกัน แต่เนื่องจากการผลิตชิ้นงานจำนวนมากๆนั้น ไม่สามารถผลิตชิ้นงานให้ได้ตรงพอดีกันได้ทั้งหมดค่าที่ต้องการได้ ดังนั้นจะต้องมีการเผื่อของขนาดและรูปร่างที่ยอมรับได้จากการผลิต เช่น ขนาดไม่ต่ำกว่าเท่าใดและไม่มากกว่าเท่าใด ความแตกต่างระหว่างขนาดสูงสุดและต่ำสุดนี้เราเรียกว่า ค่าพิกัดความเผื่อ (Tolerance) การให้ค่าพิกัดความเผื่อเท่าที่จำเป็นเท่านั้น และให้ค่าความเผื่อให้มากที่สุด เท่าที่จะไม่รบกวนการใช้งาน

การกำหนดพิกัดความเผื่อ 2 ประเภท คือพิกัดของขนาด และ พิกัดของรูปร่างค่าพิกัดความเผื่อนั้นใช้กันมากที่สุดสำหรับชิ้นงานที่ต้องสวมเข้าด้วยกัน เช่น เพลา (shaft) และ รูเพลา (hole) ค่าความเผื่อนั้นจะขึ้นกับการใช้งานของชิ้นงานที่มีเพลาและมีรูเพลานี้เราอาจต้องการให้เพลาหมุนอยู่ในรูเพลาได้โดยสะดวก เช่น ถ้าการหมุนไม่มีการสั่นสะเทือนที่ทำให้จุดสัมผัสระหว่างเพลาและรูเพลาเกิดการกระแทก ก็อาจให้มีช่องว่างมาก แต่สำหรับเครื่องจักรที่มีการสะเทือนมากก็ต้องมีช่องว่างน้อยเพื่อลดการกระแทก หรือในประกอบอาจต้องการให้เพลายึดติดกับรูปเพลา เราก็ต้องกำหนดให้เพลาใหญ่กว่ารูเพลา เมื่อสวมเพลาเข้ากับรูเพลาโดยการสวมอัดก็จะทำให้เพลายึดติดแน่นกับรูเพลา

3.3.1 ค่าต่าง ๆ ของพิกัดความเผื่อ

ตัวอย่างสัญลักษณ์ค่าพิกัดความเผื่อ เช่น

N	หมายถึง	ขนาดที่กำหนด
Ut	หมายถึง	พิกัดความเผื่อบน
Lt	หมายถึง	ค่าพิกัดความเผื่อล่าง
Max.	หมายถึง	ขนาดโตสุดของงานที่ยอมให้ใช้
Min.	หมายถึง	ขนาดเล็กสุดของงานที่ยอมให้ใช้
T	หมายถึง	ขนาดความเผื่อทั้งหมดที่ยอมให้ใช้ในงานนี้

ตัวอย่างการให้ความหมายของพิกัดความเผื่อขนาด เช่น กำหนดขนาดที่กำหนด (N) = 50 มม. ค่าความพิกัดความเผื่อบน(Ut) = +0.05 มม. และค่าพิกัดความเผื่อล่าง(Lt) = -0.03 มม. ดังนั้น

ขนาดโตสุดที่ยอมให้ใช้งานได้(Max.) = 50+0.05 = 50.05 มม.
ขนาดเล็กสุดที่ยอมให้ใช้งานได้(Min.) = 50-0.03 = 49.97 มม.
พิกัดความเผื่อที่ยอมให้ผิดพลาดได้(T) = 0.05+0.03 =0.08 มม.

3.3.2 การเขียนสัญลักษณ์กำหนดค่าพิกัดความเผื่อ

การกำหนดขนาดพิกัดความเผื่อจะเขียนไว้ด้านหลังของตัวเลขกำหนดขนาด โดยจะเขียนตัวเล็กกว่าตัวเลขกำหนดขนาด ค่าพิกัดความเผื่อบนจะเขียนมีเครื่องหมาย (+) นำหน้า เขียนอยู่ตำแหน่งเหนือตัวเลขกำหนดขนาด ส่วนค่าพิกัดความเผื่อล่างจะเขียนเครื่องหมาย (-) นำหน้า เขียนตำแหน่งด้านล่างค่าพิกัดความเผื่อที่มีค่าเท่ากันให้เขียนตัวเดียวและใส่เครื่องหมาย(±) นำหน้าตัวเลขพิกัดความเผื่อ

ตัวอย่างการกำหนดขนาดความเผื่อบนแบบชิ้นงานโดยทั่วไป ถ้าต้องการให้ค่าความเผื่อสำหรับขนาดทุกขนาดบนแบบ อาจเลือกใช้ค่าจากรูปที่ 3.34 สำหรับค่าความเผื่อของค่ามุม สามารถให้ขนาดบนแบบ ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.35

Tolerance except where
otherwise stated ± 0.125

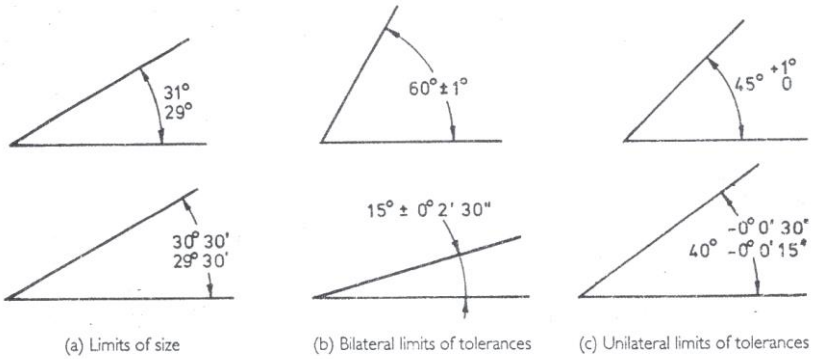
Tolerances except where otherwise
stated on dimensions

Up to 75	±0.075
Over 75 up to 100	±0.125
Over 100 up to 200	±0.25
On angles	±1°

Tolerance on cast
thicknesses ± 15%

Tolerance unless otherwise stated
X ± 0.5
X.X ± 0.05
X.XX ± 0.02
X.XXX ± 0.002

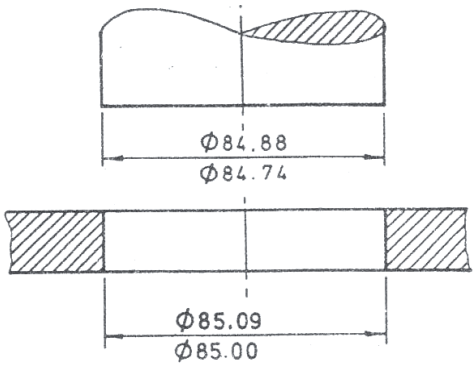
รูปที่ 3.34 การกำหนดค่าเผื่อโดยรวม (A. W. Boundy, 2011)



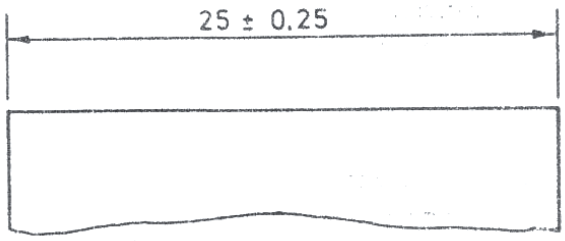
รูปที่ 3.35 การกำหนดค่าความเผื่อของมุมบนแบบ (A. W. Boundy, 2011)

การกำหนดค่าความเผื่อบนแบบทำได้หลากหลายวิธี โดยวิธีที่นิยมมี 3 วิธีดังนี้

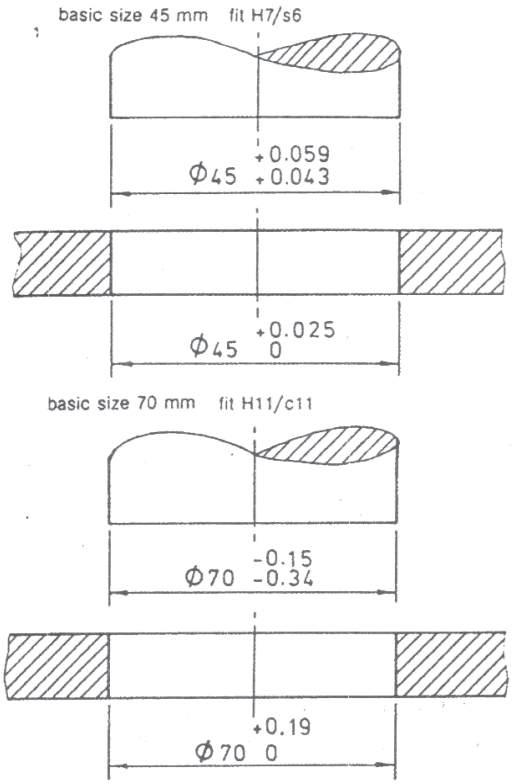
- **วิธีที่** 1 Limits of size ในกรณีนี้ จะเขียนขนาดต่ำสุดที่ยอมรับได้ใต้เส้นบอกขนาด และค่าสูงสุดเหนือเส้นดังแสดงในรูปที่ 3.36
- **วิธีที่** 2 Bilateral tolerances สำหรับขนาดที่มีค่าความเผื่อสองข้างที่เท่ากัน นิยมใส่ขนาดตามในรูปที่ 3.37
- **วิธีที่** 3 Unilateral tolerances สำหรับขนาดที่มีค่าความเผื่อทางเดียว นิยมให้ขนาดตามในรูปที่ 3.38



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



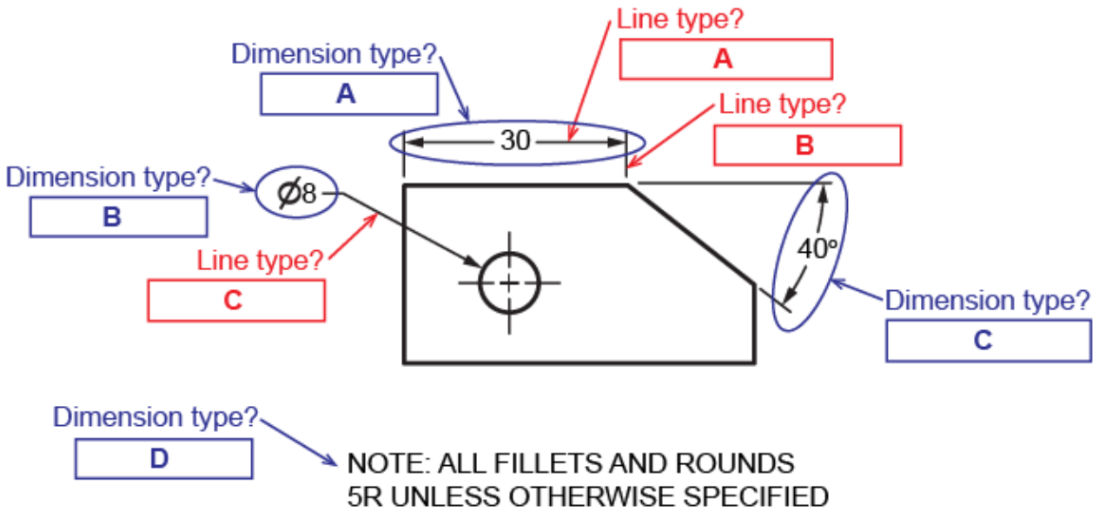
รูปที่ 3.37 การกำหนดขนาดแบบสองทาง (A. W. Boundy, 2011)



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

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3

(1) จากรูปดังต่อไปนี้ จงระบุประเภทของการบอกขนาดและเส้นบอกขนาดให้ถูกต้องครบถ้วน



(a) A : .....

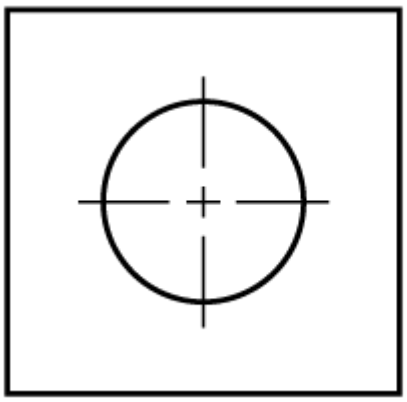
(b) B : .....

(c) C : .....

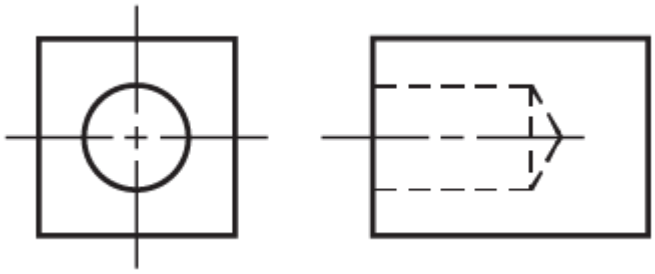
(d) D : .....

(2) จากรูปดังต่อไปนี้ จงบอกขนาดของมิติของแต่ละรูปแบบให้ถูกต้องครบถ้วน

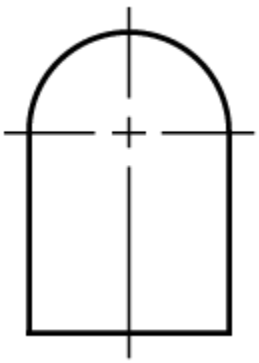
(a) บอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูเจาะ



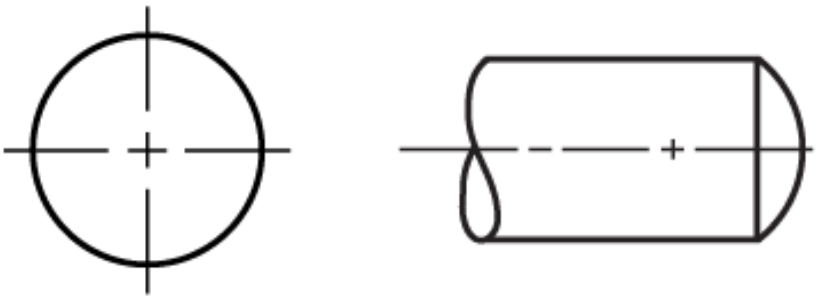
(b) บอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูเจาะ



(c) บอกขนาดรัศมี

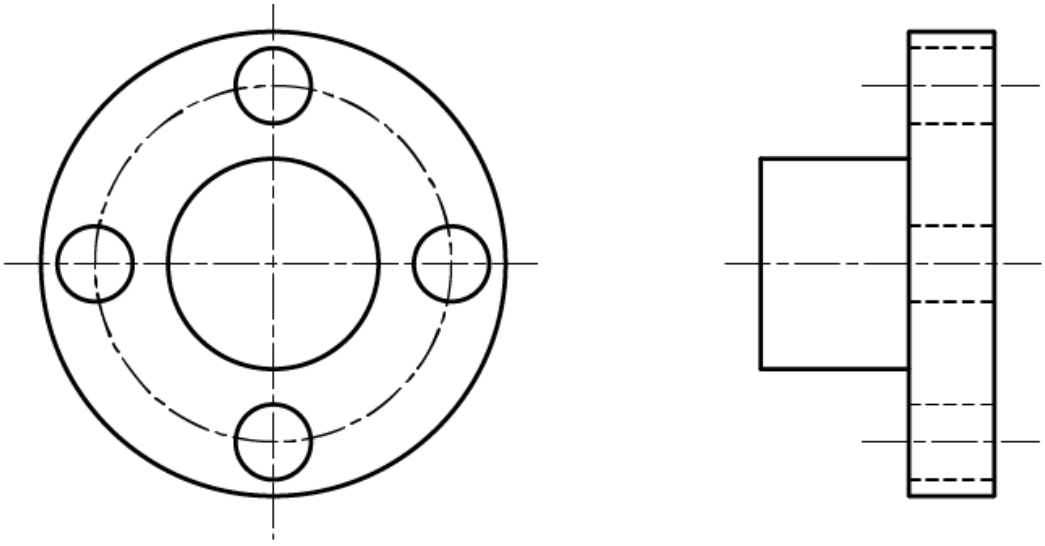


(d) บอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและรัศมี

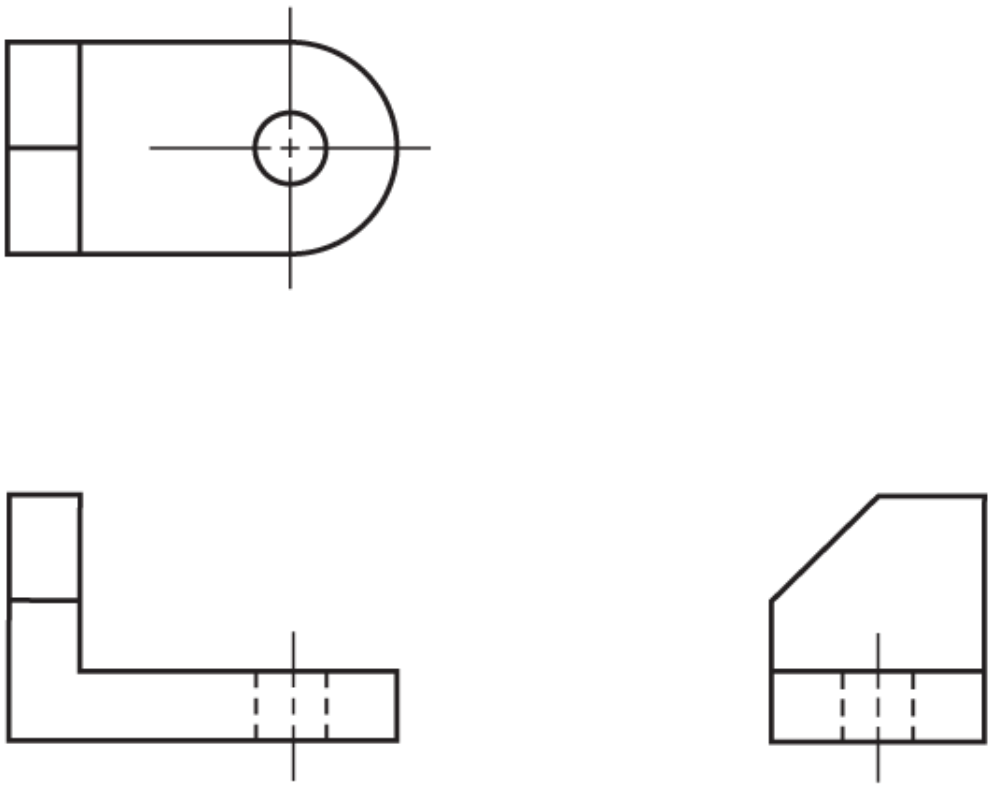


(3) จากภาพฉายดังต่อไปนี้ จงบอกขนาดของมิติของแต่ละรูปแบบให้ถูกต้องครบถ้วน

(a)

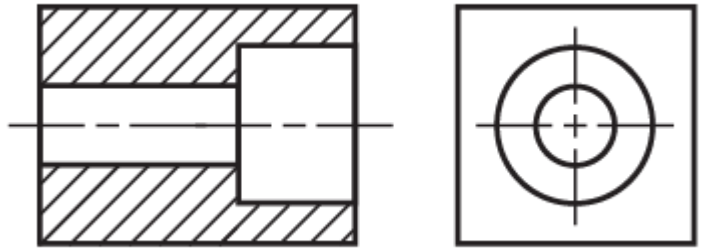


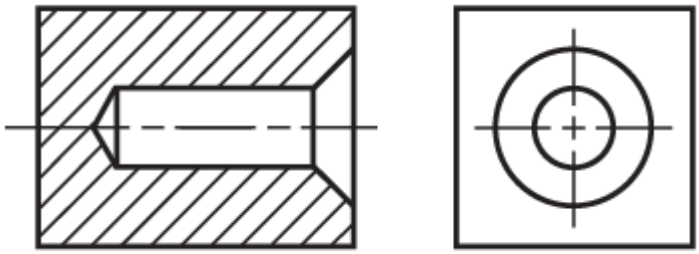
(b)

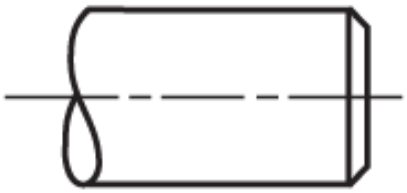


(4) จงบอกขนาดของมิติในรูป จากข้อมูลที่กำหนดให้ดังนี้

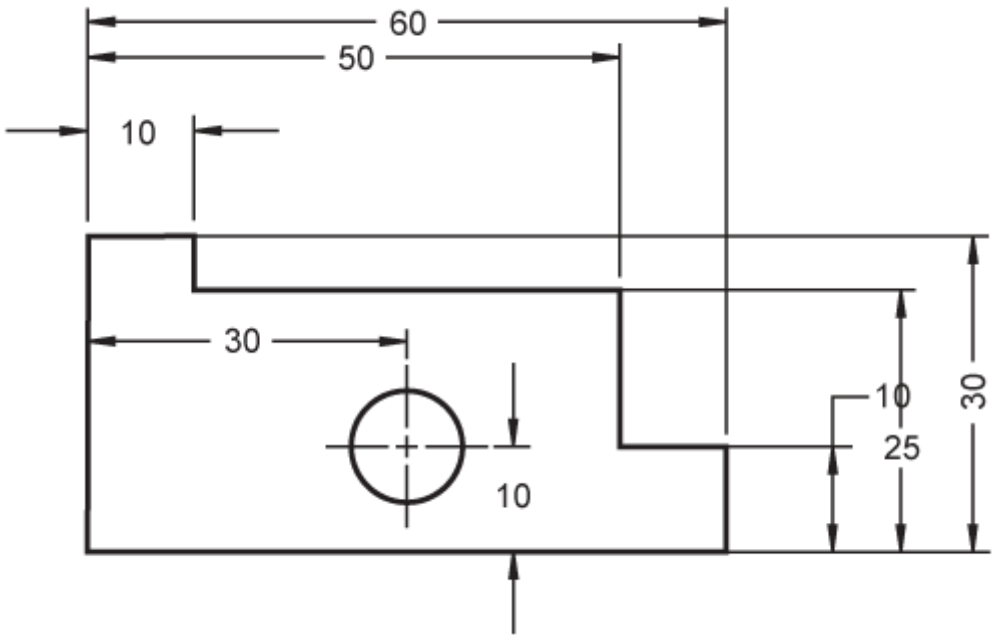
- Drill = 10 mm
- Counterbore drill and max. countersink dia. = 20 mm
- Countersink angle = 90^{o}
- Counterbore depth = 12 mm
- Blind hole depth = 25 mm
- Chamfer size = 2 mm และ angle is 45^{o}







(5) พิจารณาการบอกขนาดของมิติที่ไม่ถูกต้องดังรูป จงระบุตำแหน่งและอธิบายความผิดพลาดของแต่ละตำแหน่ง (5 ตำแหน่ง) พร้อมวิธีการแก้ไขให้ถูกต้อง



(a) ตำแหน่งที่ 1 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....

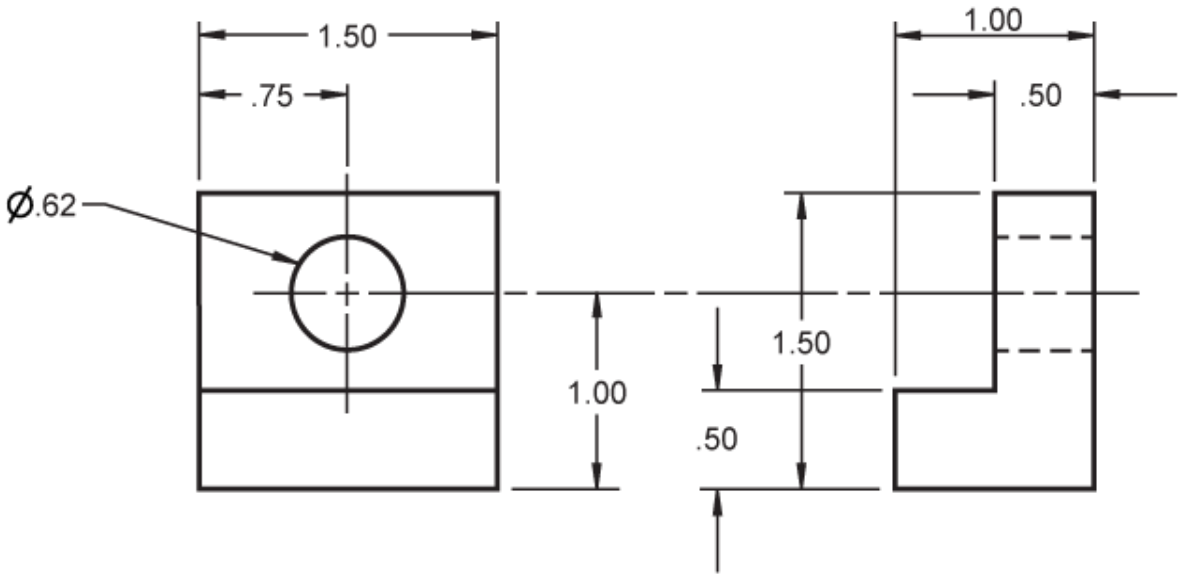
(b) ตำแหน่งที่ 2 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....

(c) ตำแหน่งที่ 3 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....

(d) ตำแหน่งที่ 4 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....

(e) ตำแหน่งที่ 5 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....

(6) พิจารณาการบอกขนาดของมิติที่ไม่ถูกต้องดังรูป จงระบุตำแหน่งและอธิบายความผิดพลาดของแต่ละตำแหน่ง (4 ตำแหน่ง) พร้อมวิธีการแก้ไขให้ถูกต้อง



(a) ตำแหน่งที่ 1 : ความผิดพลาด.....

แนวทางการแก้ไข.....

(b) ตำแหน่งที่ 2 : ความผิดพลาด.....

แนวทางการแก้ไข.....

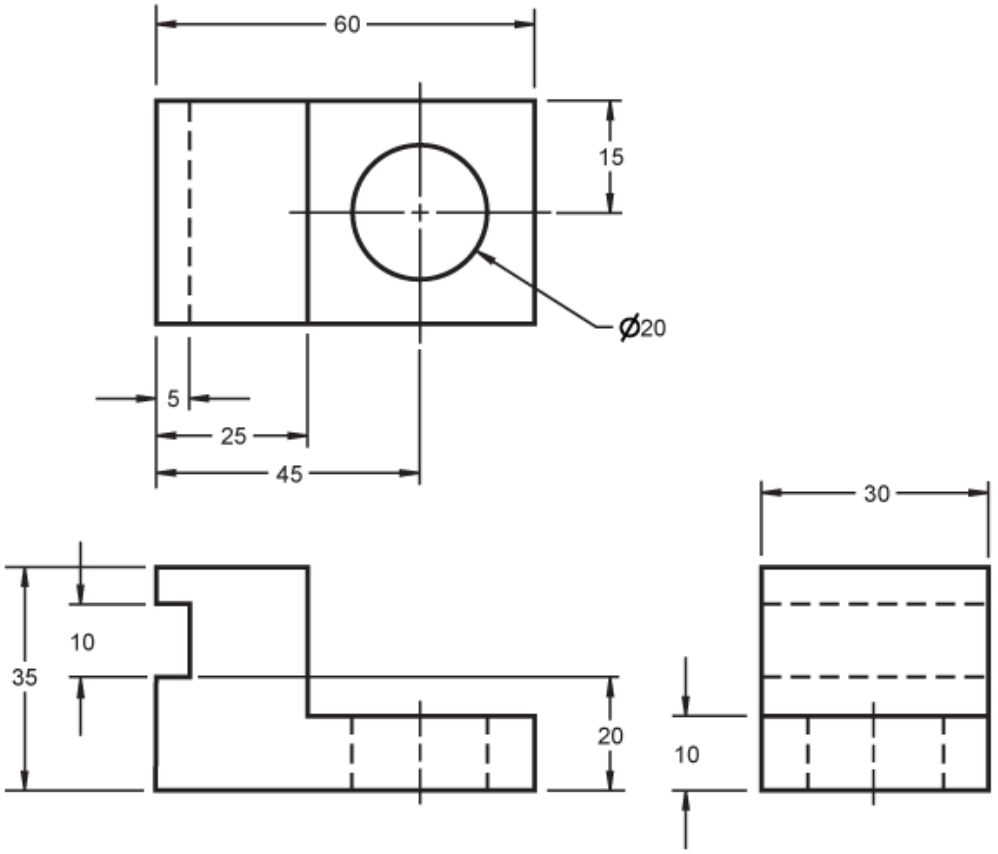
(c) ตำแหน่งที่ 3 : ความผิดพลาด.....

แนวทางการแก้ไข.....

(d) ตำแหน่งที่ 4 : ความผิดพลาด.....

แนวทางการแก้ไข.....

(7) พิจารณาการบอกขนาดของมิติที่ไม่ถูกต้องดังรูป จงระบุตำแหน่งและอธิบายความผิดพลาดของแต่ละตำแหน่ง (6 ตำแหน่ง) พร้อมวิธีการแก้ไขให้ถูกต้อง



(a) ตำแหน่งที่ 1 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....

(b) ตำแหน่งที่ 2 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....

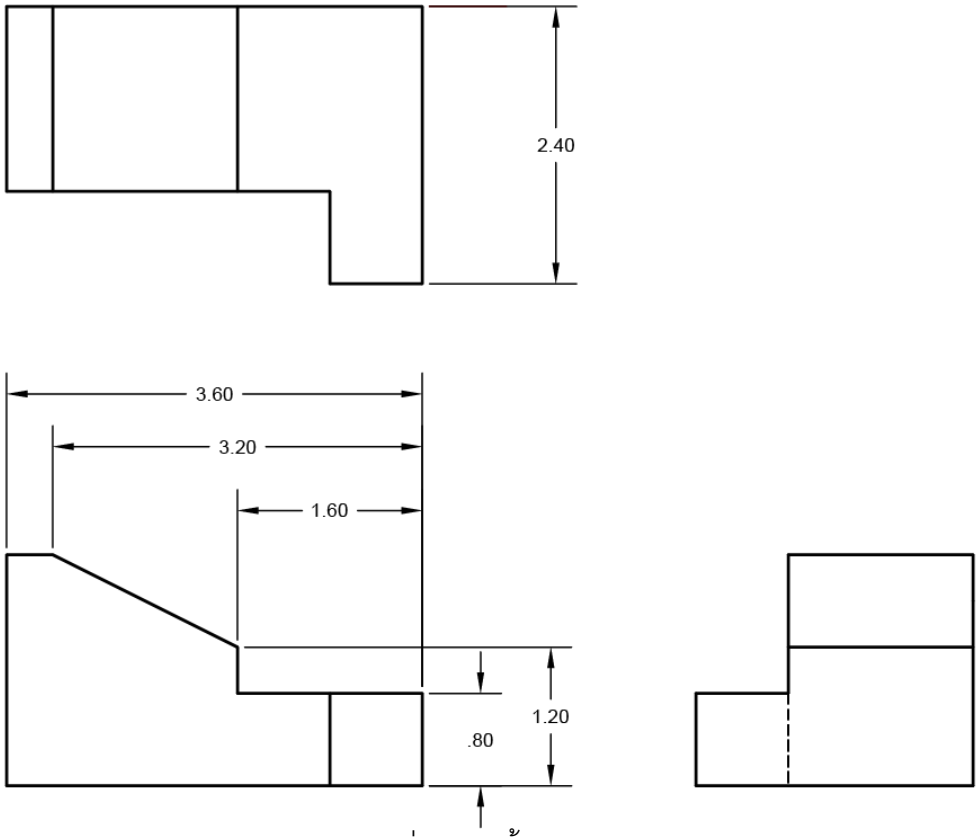
(c) ตำแหน่งที่ 3 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....

(d) ตำแหน่งที่ 4 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....

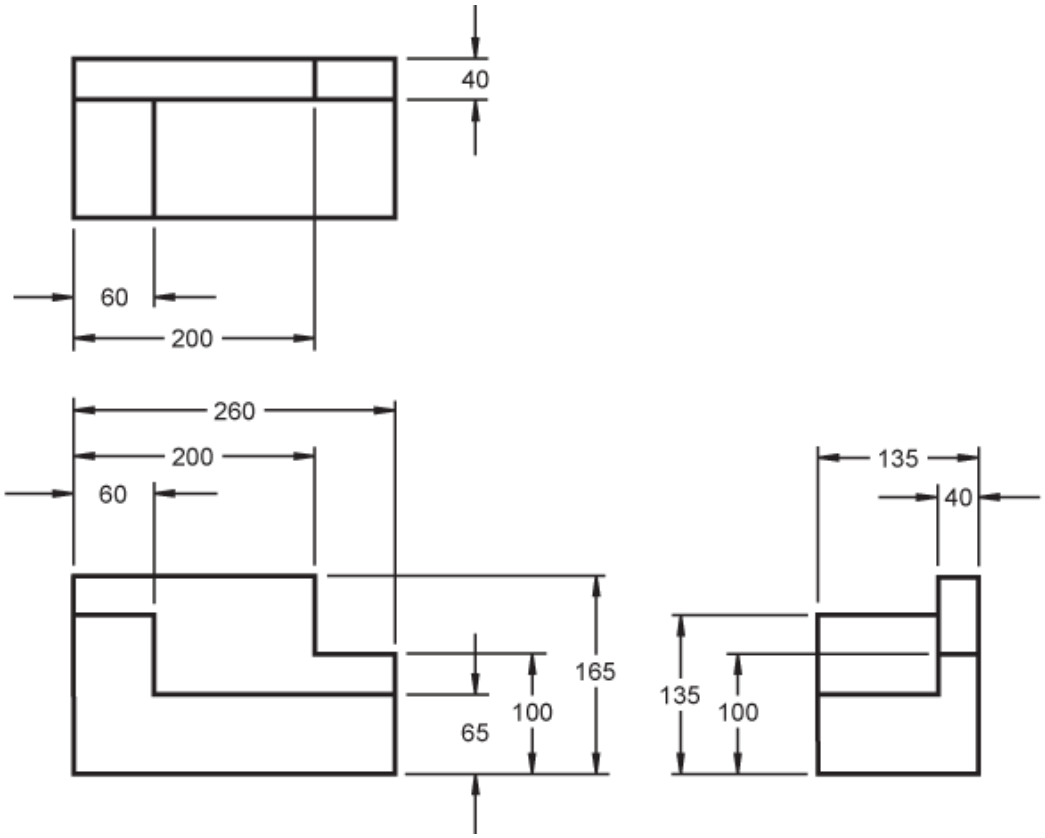
(e) ตำแหน่งที่ 5 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....

(f) ตำแหน่งที่ 6 : ความผิดพลาด.....
แนวทางการแก้ไข.....

(8) จงเพิ่มเติมการบอกขนาดของมิติที่ขาดหายไปให้ถูกต้องและครบถ้วน



(9) จากรูปจงระบุการบอกขนาดของมิติที่มีความซ้ำซ้อนและเกินความจำเป็น



บทที่ 4
การเขียนภาพเรขาคณิตประยุกต์

ในงานเขียนแบบส่วนใหญ่ล้วนมีพื้นฐานการออกแบบจากรูปทรงเรขาคณิตทั้งสิ้น ซึ่งเป็นการนำเอารูปร่างสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม วงกลม วงรี และส่วนโค้ง มาประยุกต์ใช้ในงานออกแบบ จึงถือได้ว่ารูปทรงเลขาคณิตมีความสำคัญต่องานเขียนแบบเป็นอย่างมาก

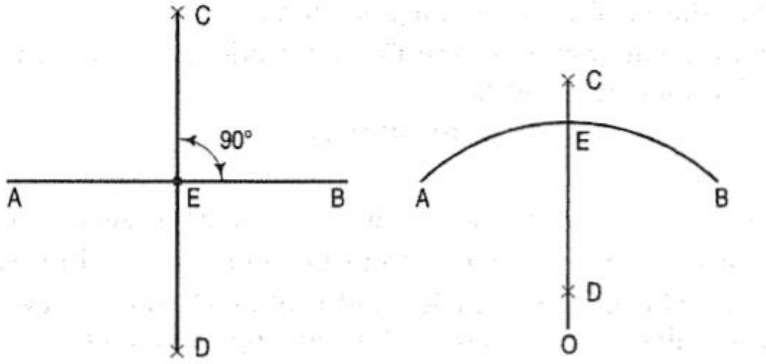
4.1 เส้น (Line) และมุม (Angle)

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 R_1 วาดตัดส่วนโค้ง AB ที่ C และ D

(3) ด้วยรัศมี R_2 ใดๆ ที่มีรัศมีมากกว่า R_1 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)

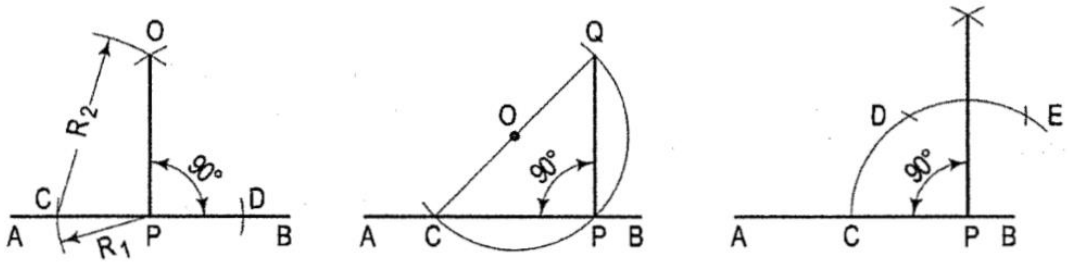
วิธีที่ 3

(1) กำหนดให้ P เป็นศูนย์กลางและรัศมีที่สะดวกใด ๆ 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)



(ก) (ข) (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)

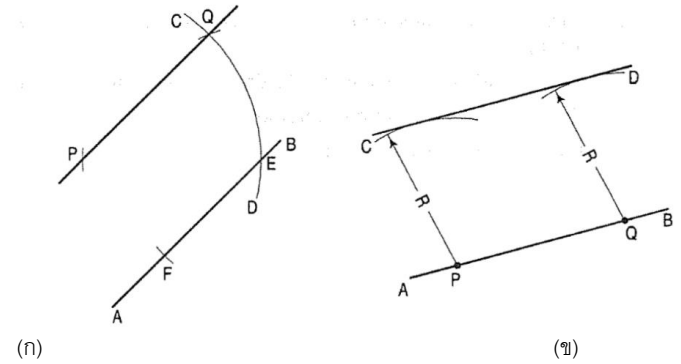
วิธีที่ 2

(1) กำหนดให้ AB เป็นเส้นที่กำหนดและรัศมีตามระยะทางที่กำหนด

(2) ทำเครื่องหมายที่จุด P และ Q ใน AB ห่างกันเท่าที่สะดวก

(3) ด้วย P และ Q เป็นศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ R วาดส่วนโค้งที่ด้านเดียวกันของ AB

(4) ลากเส้น CO สัมผัสเส้นโค้งทั้งสอง 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

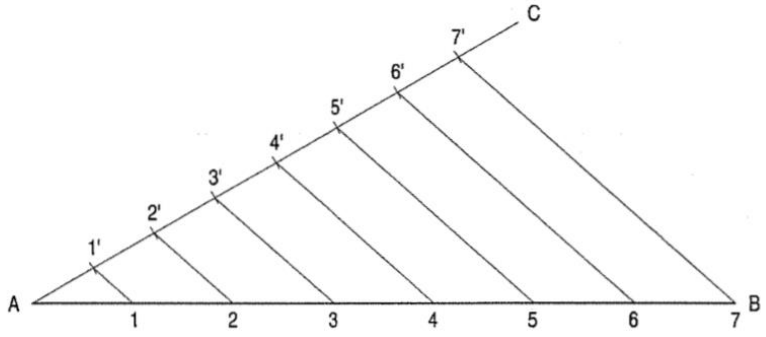
(2) ลากเส้น AB ตามความยาวที่กำหนด

(3) วาดเส้นตรง AC ทำมุมน้อยกว่า 30° กับเส้น AB

(4) ด้วยเครื่องหมายแบ่งส่วนเท่ากันของความยาวที่เหมาะสมใด ๆ ในบรรทัด AC และทำเครื่องหมายที่จุด 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ตามที่ปรากฏ

(5) ลากเส้นจุดสุดท้ายกับจุด B ของเส้น AB

(6) ลากเส้นคู่ขนานตัดเส้น AB จากจุดอื่นๆ ตามลำดับ จะได้เส้น AB ที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วนเท่า ๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 4.4

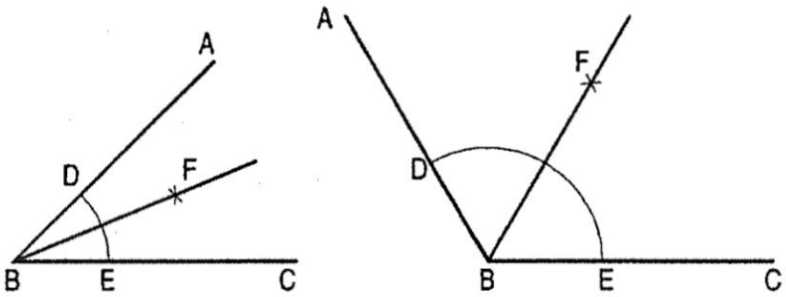


รูปที่ 4.4 การแบ่งเส้น (Divide a line) (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

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



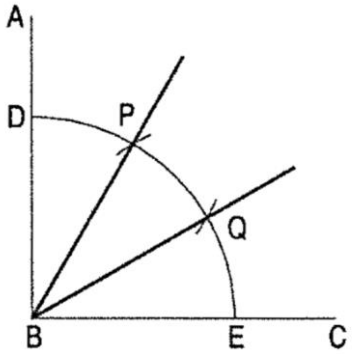
รูปที่ 4.6 แบ่งครึ่งมุม (Bisect an angle) (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

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

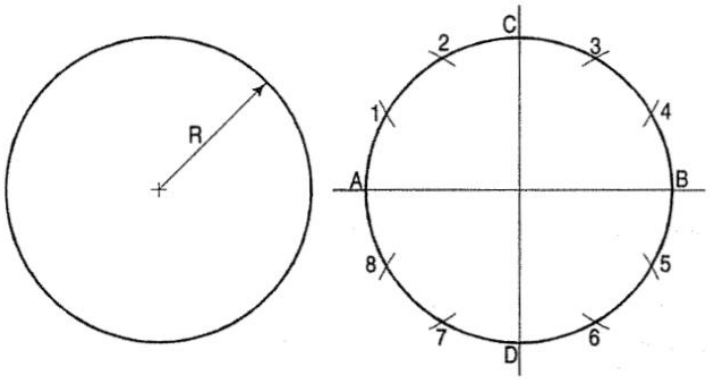
(1) ต้องการแบ่งวงกลมออกเป็น 12 ส่วนเท่า ๆ กันตามเส้นรอบวงกำหนดรัศมีของ R

(2) วาดเส้นตัด AB และ CD ที่มุมฉากซึ่งกันและกันตัดวงกลมที่ 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 จะสามารถแบ่งวงกลมที่เป็นส่วนเท่ากันสิบสองส่วน ดังแสดงในรูปที่ 4.5



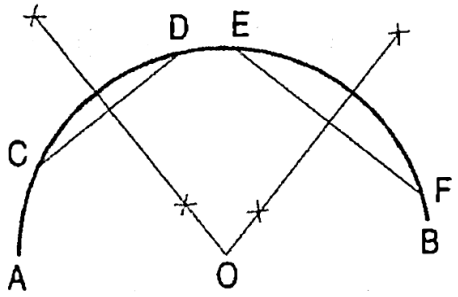
รูปที่ 4.5 แบ่งวงกลม (Divide a circle) (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

4.2.2 หาจุดศูนย์กลางของเส้นโค้ง (Centre of an arc)

วิธีที่ 1

(1) กำหนดส่วนโค้ง AB วาดเส้นความยาวใดๆ CD และ EF

(2) วาดเส้นแบ่งครึ่งตั้งฉากของ 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 ขนานกับและที่ระยะทางเท่ากับ R จาก AB

(3) ด้วย P เป็นศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ R ให้วาดเส้นตัดโค้งที่ O

(4) ด้วย O เป็นศูนย์ให้วาดส่วนโค้งที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (ก)

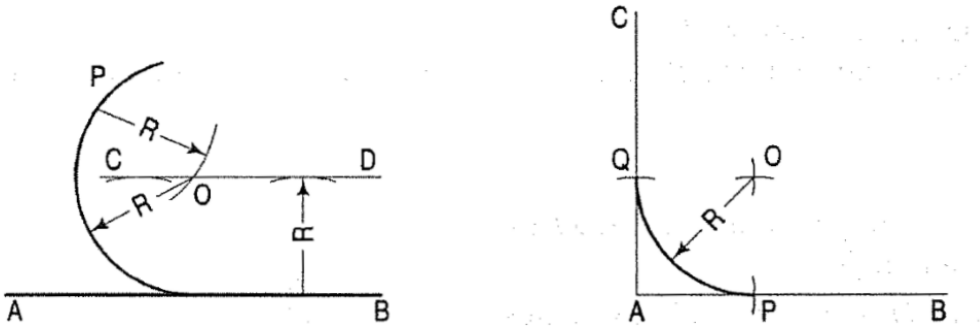
วิธีที่ 3

(1) กำหนดให้ AB และ AC เป็นเส้นที่กำหนดและ R คือรัศมีที่กำหนด

(2) ด้วยจุดศูนย์กลาง A และรัศมีเท่ากับ R วาดส่วนโค้งตัด 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)

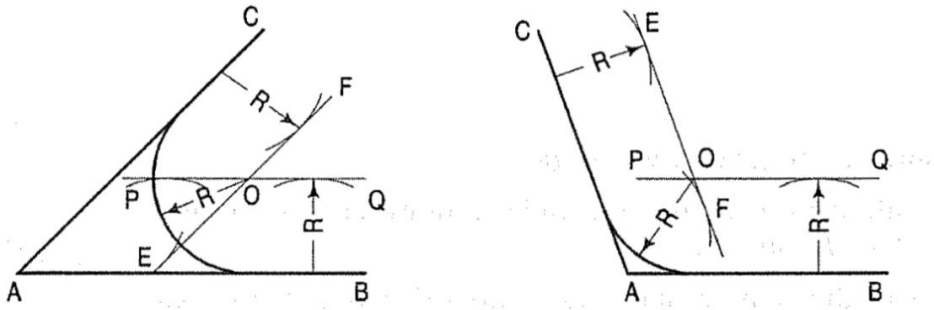
วิธีที่ 4

(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 เป็นศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ R ให้วาดส่วนโค้งที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.10



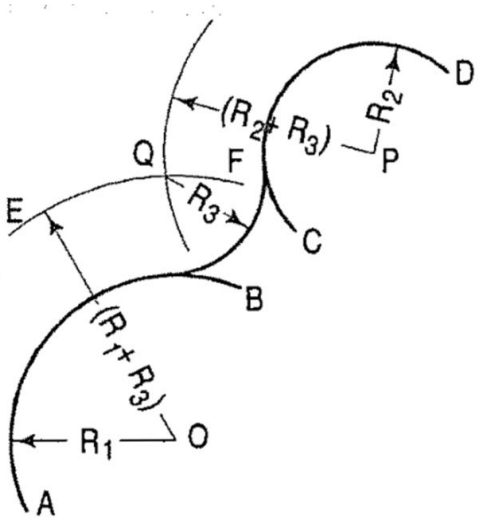
รูปที่ 4.10 จุดศูนย์กลางของเส้นโค้ง วิธีที่ 4 (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

วิธีที่ 5

(1) กำหนดให้ O เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ (R1 + R3) ให้วาดส่วนโค้ง EF

(2) ด้วยจุด O เป็นศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ (R2 + R3) ให้วาดส่วนโค้งที่ตัดกัน EF ที่จุด Q

(3) ด้วยจุด Q เป็นกึ่งกลางและรัศมีเท่ากับ R3 ให้วาดส่วนโค้งที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.11



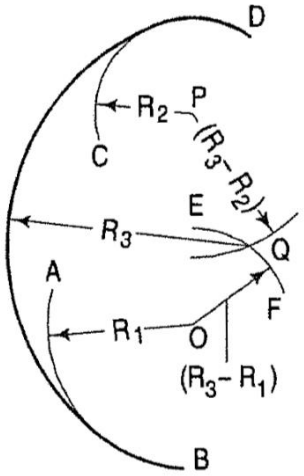
รูปที่ 4.11 จุดศูนย์กลางของเส้นโค้ง วิธีที่ 5 (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

วิธีที่ 6

(1) กำหนดให้ O เป็นศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ (R3 -R1) วาดส่วนโค้ง EF

(2) ให้ P เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ (R3 -R2) วาดส่วนโค้งที่ตัด EF ที่จุด Q

(3) ให้ Q เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ R3 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) ด้วยไม้บรรทัดสามเหลี่ยมและไม้ที ลากเส้น AB ตามความยาวที่กำหนด

(2) ด้วยไม้บรรทัดสามเหลี่ยม 30 ° - 60 ° และไม้ที ลากเส้นผ่าน A ทำมุม 60° กับเส้น AB

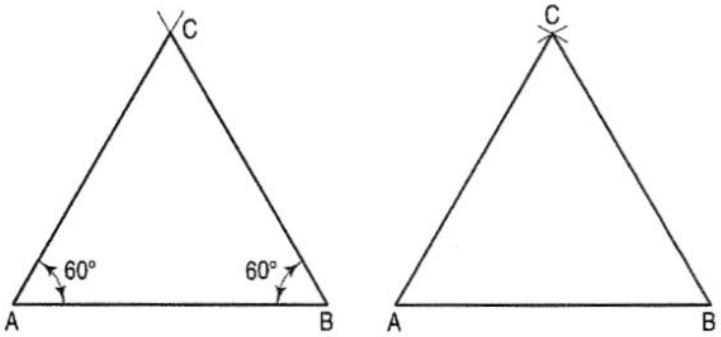
(3) ในทำนองเดียวกันผ่าน B ให้วาดเส้นที่ทำมุมเดียวกันกับ AB และตัดเส้นแรกที่ C

(4) จากนั้น ABC เป็นรูปสามเหลี่ยมที่ต้องการ

วิธีที่ 2

(1) ด้วยศูนย์กลาง A และ B และรัศมีเท่ากับ AB วาดส่วนโค้งด้วยวงเวียนตัดกันที่ 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) ด้วยไม้บรรทัดสามเหลี่ยมและไม้ที ลากเส้น AB เท่ากับความยาวที่กำหนด

(2) ที่จุด A และ B วาดเส้นแนวดิ่ง 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) วาดเส้นเข้าร่วม C กับ O

(6) จากนั้น ABCO เป็นตารางที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.14 (ก)

วิธีที่ 2

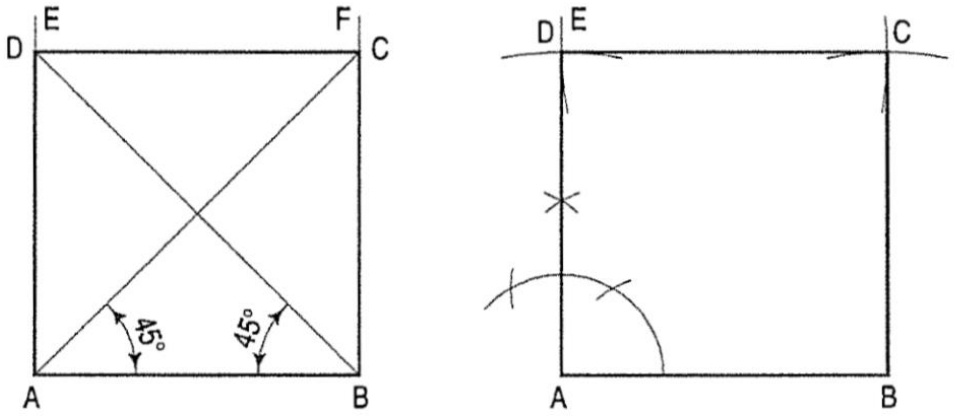
(1) ลากเส้น AB เท่ากับความยาวที่กำหนด

(2) ที่จุด A วาดเส้น AE ตั้งฉากกับ AB

(3) ด้วยจุดศูนย์กลาง A และรัศมี AB วาดการตัดส่วนโค้ง AE ที่ D

(4) ด้วยจุดศูนย์กลาง B และ D และรัศมีเดียวกันวาดส่วนโค้งที่ตัดกันที่ C

(5) วาดเส้นที่รวม C กับ B และ D จากนั้น ABCD เป็นตารางที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.14 (ข)



(ก) (ข)

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

4.3.3 สร้างรูปหกเหลี่ยม

วิธีที่ 1

(1) ด้วยไม้ทีและไม้บรรทัดสามเหลี่ยม 30° -60° 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 แล้วตัดกัน A1 ที่ D

(7) วาดเส้นตรงร่วม E และ D จากนั้น ABCDEF คือรูปหกเหลี่ยมที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.15 (ก)

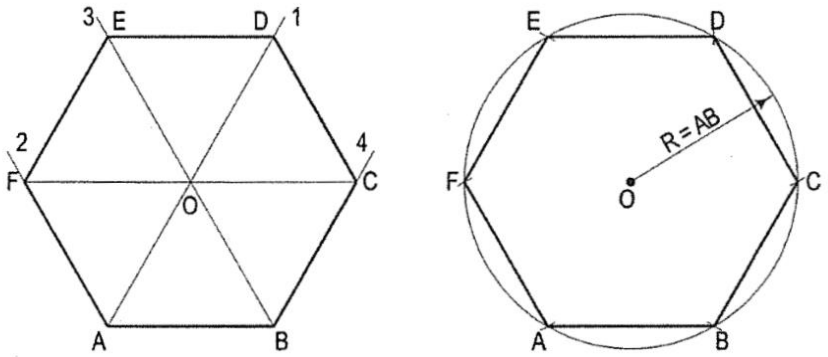
วิธีที่ 2

(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-0-E-F จะได้รูปหกเหลี่ยมที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.15 (ข)



(ก) (ข)

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

4.3.4 สร้างรูปเจ็ดเหลี่ยม

วิธีที่ 1

(1) วาดเส้นแบ่งครึ่งตั้งฉากของ A2 และ AB ตัดกันที่ O

(2) ด้วยจุดศูนย์กลาง O และรัศมี OA

(3) ด้วยรัศมี AB และเริ่มจาก B ให้ตัดวงกลมที่จุด C, D 2

(4) วาดเส้น BC, CD เป็นต้น และทำให้รูปสมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.16 (ก)

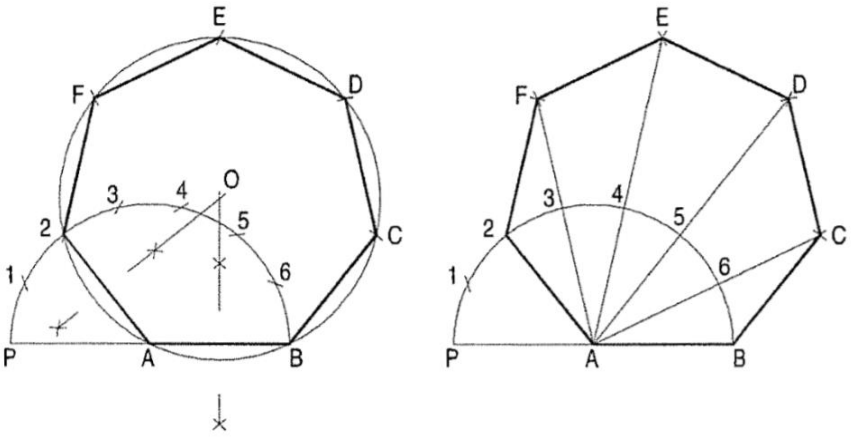
วิธีที่ 2

(1) ด้วยจุดศูนย์กลาง B และรัศมี AB วาดเส้นโค้งตัดสาย A6 ไปยังตำแหน่งจุด C

(2) ด้วยจุดศูนย์กลาง C และรัศมีเดียวกันวาดการตัดส่วนโค้ง ไปยังตำแหน่งจุด D

(3) ตำแหน่ง E และ F ในลักษณะเดียวกัน

(4) วาดเส้น BC, CD เป็นต้น และทำให้รูปสมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.16 (ข)



(ก) (ข)

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

(Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

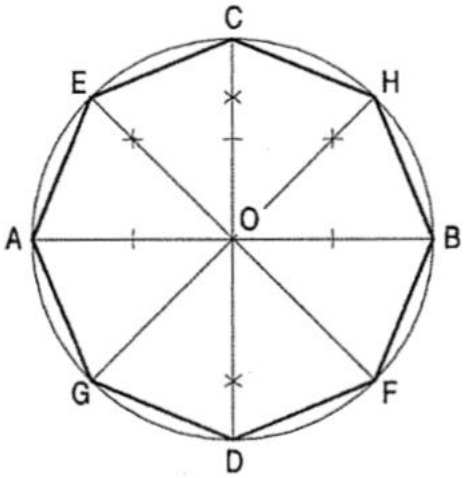
4.3.5 สร้างรูปแปดเหลี่ยม

(1) ด้วยศูนย์กลาง O วาดวงกลมรัศมีตามที่กำหนด

(2) วาดเส้น AB และ CO ในมุมฉากซึ่งกันและกัน

(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)

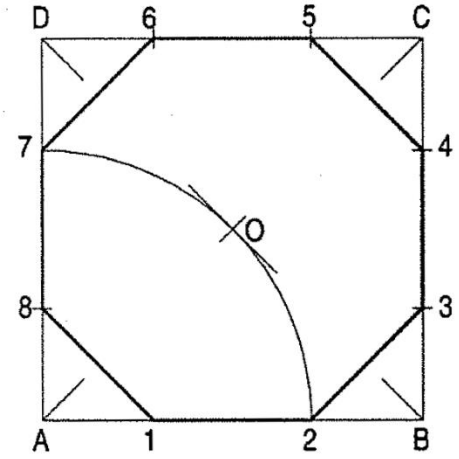
(1) วาดสี่เหลี่ยม ABCD ที่กำหนด

(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

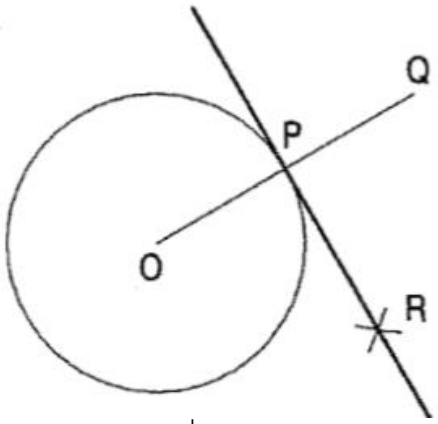
(1) ด้วยศูนย์ O วาดวงกลมที่กำหนดและทำเครื่องหมายจุด P บนเส้นรอบวงกลม

(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



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

วิธีที่ 2

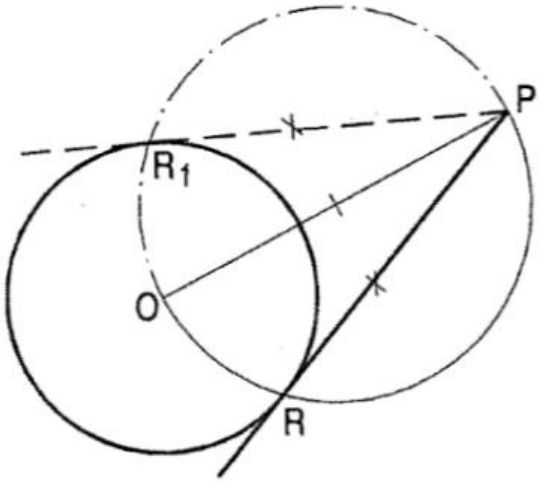
(1) ด้วยศูนย์กลาง O วาดวงกลมที่กำหนด

(2) ทำเครื่องหมายจุด P ด้านนอก

(3) วาดเส้นตรง OP

(4) ด้วยเส้น OP เป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง วาดครึ่งวงกลมตัดวงกลมที่กำหนดที่ R และ R1

(5) ลากเส้นผ่าน P และ R เส้นนี้คือเส้นสัมผัสวงกลมที่ต้องการ และเส้นผ่าน P และ R1 คือเส้นสัมผัสอื่น ๆ ซึ่งเริ่มต้นมาจากจุดเดียวกันได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.20



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

4.5 รูปวงรี (Ellipse)

วิธีที่ 1 Concentric circles method

(1) วาดแกนหลัก AB และ CD ตัดซึ่งกันและกันที่ O

(2) ด้วยจุดศูนย์กลาง O และเส้นผ่าศูนย์กลาง AB และ CD ตามลำดับ ให้วาดวงกลมสองวง

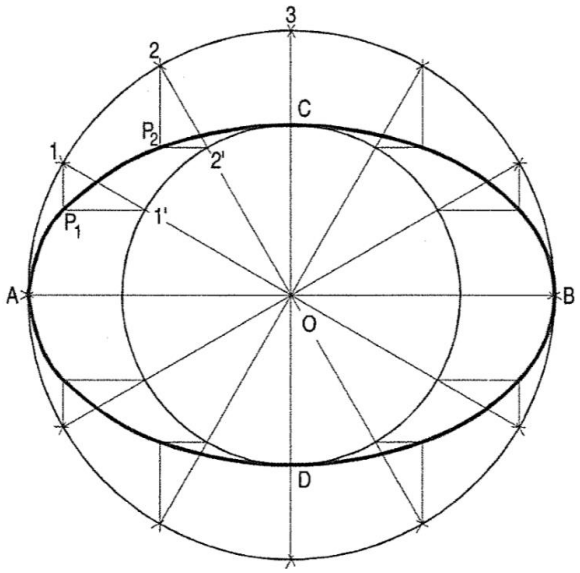
(3) แบ่งวงกลมแกนหลัก ออกเป็น 12 ส่วนเท่ากัน และทำเครื่องหมาย 1, 2 ฯลฯ

(4) ลากเส้นที่เชื่อมจุดเหล่านี้กับจุดศูนย์กลาง O แล้วตัดวงกลมแกนเล็กที่จุด 1, 2 เป็นต้น

(5) ผ่านจุดที่ 1 บนวงกลมแกนหลักให้ลากเส้นขนานกับ CD ของวงกลมแกนเล็ก

(6) ผ่านจุดที่ 1 บนวงกลมแกนเล็ก ลากเส้นขนานกับ AB ซึ่งเป็นวงกลมแกนหลัก จุด P1 ที่จุดตัดสองเส้นเหล่านี้อยู่บนวงรีที่ต้องการ

(7) สร้างซ้ำผ่านจุดทั้งหมด วาดวงรีผ่าน A, P1, P2,.... ฯลฯ จนสำเร็จ ดังแสดงในรูปที่ 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

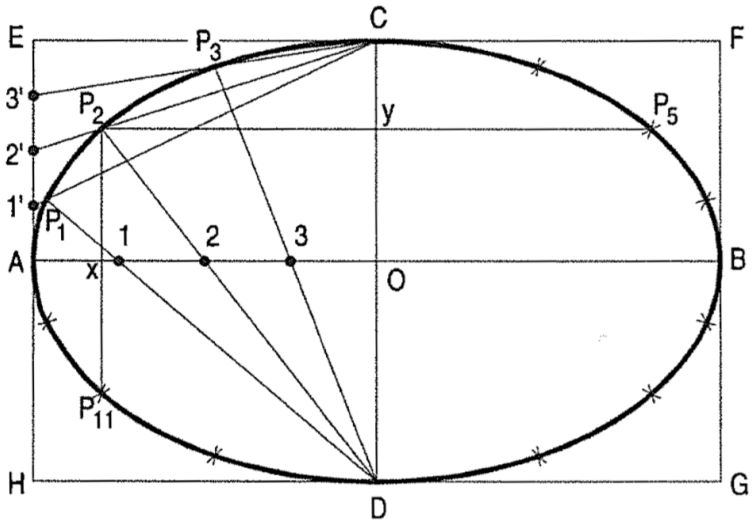
(3) แบ่ง AO ที่กึ่งแกนหลักออกเป็น 4 ส่วนเท่ากันและ AE เป็นจำนวนส่วนเท่ากัน

(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)

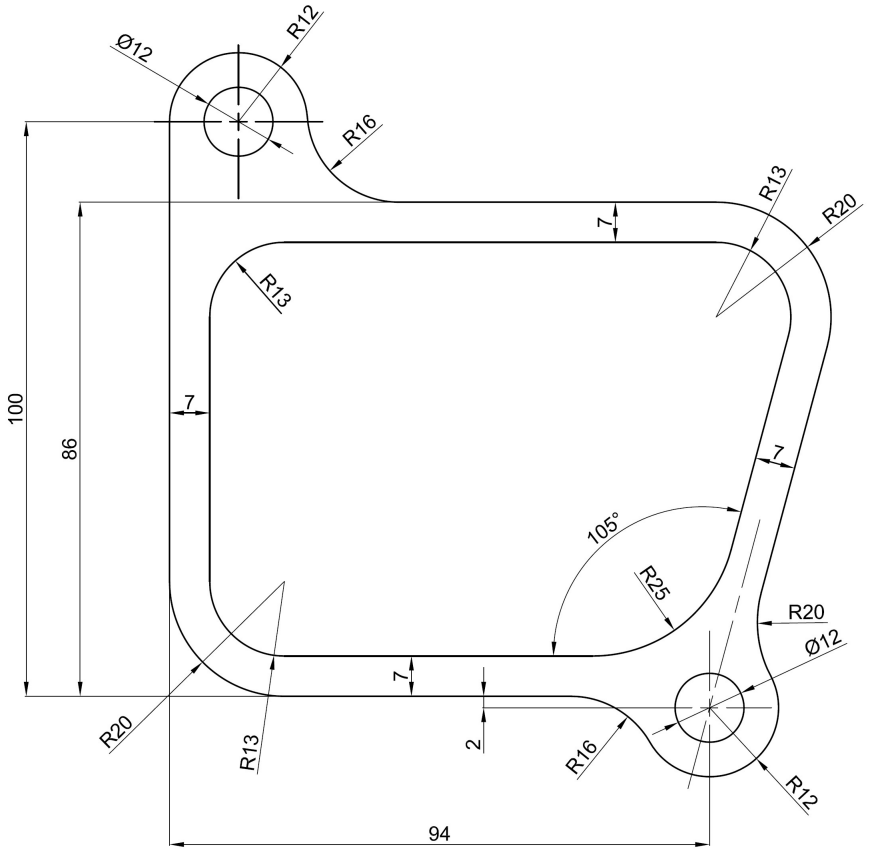
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4

(1) จงเขียนสร้างรูป 6 เหลี่ยม, 7 เหลี่ยม, และ 8 เหลี่ยม โดยกำหนดขนาดตามความเหมาะสม

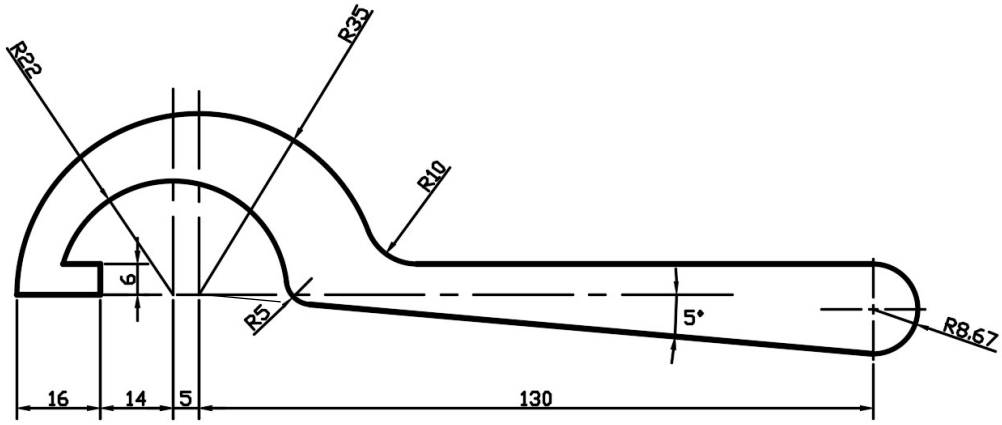
(2) จงเขียนสร้างรูปวงรี ด้วยวิธี Concentric circles method และวิธี Oblong method

(3) จงเขียนภาพเรขาคณิตประยุกต์ดังต่อไปนี้

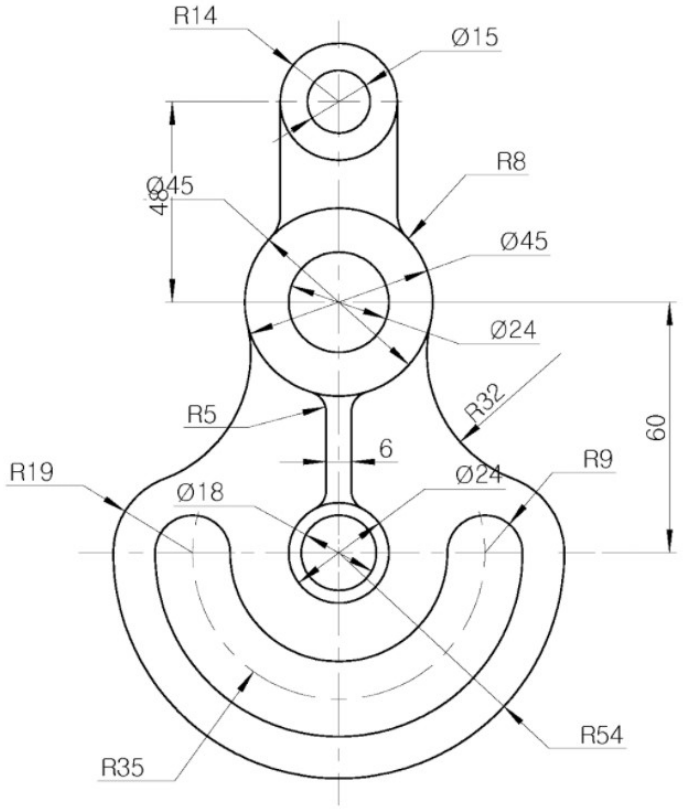
(a)



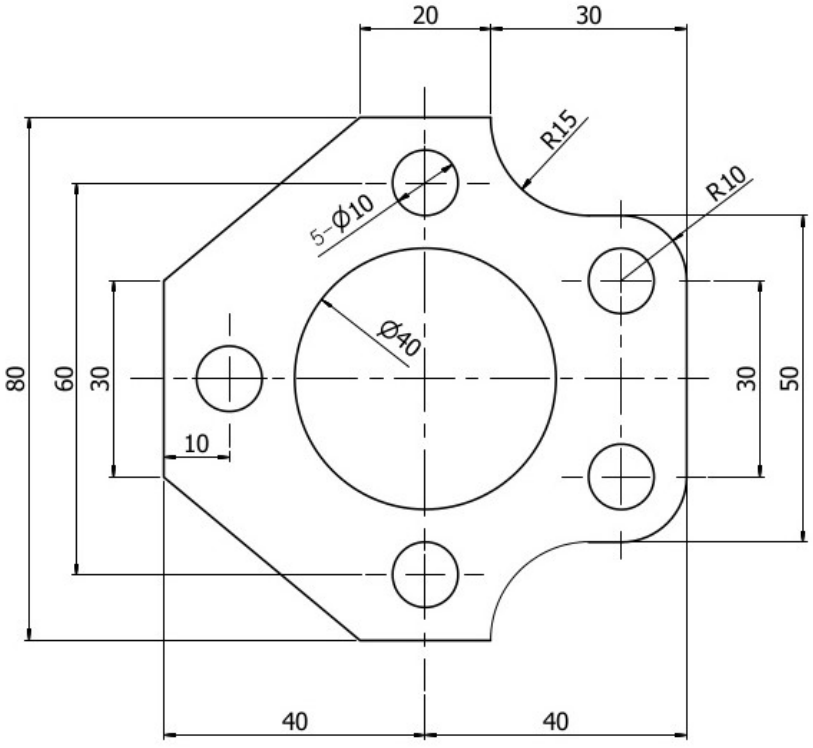
(b)



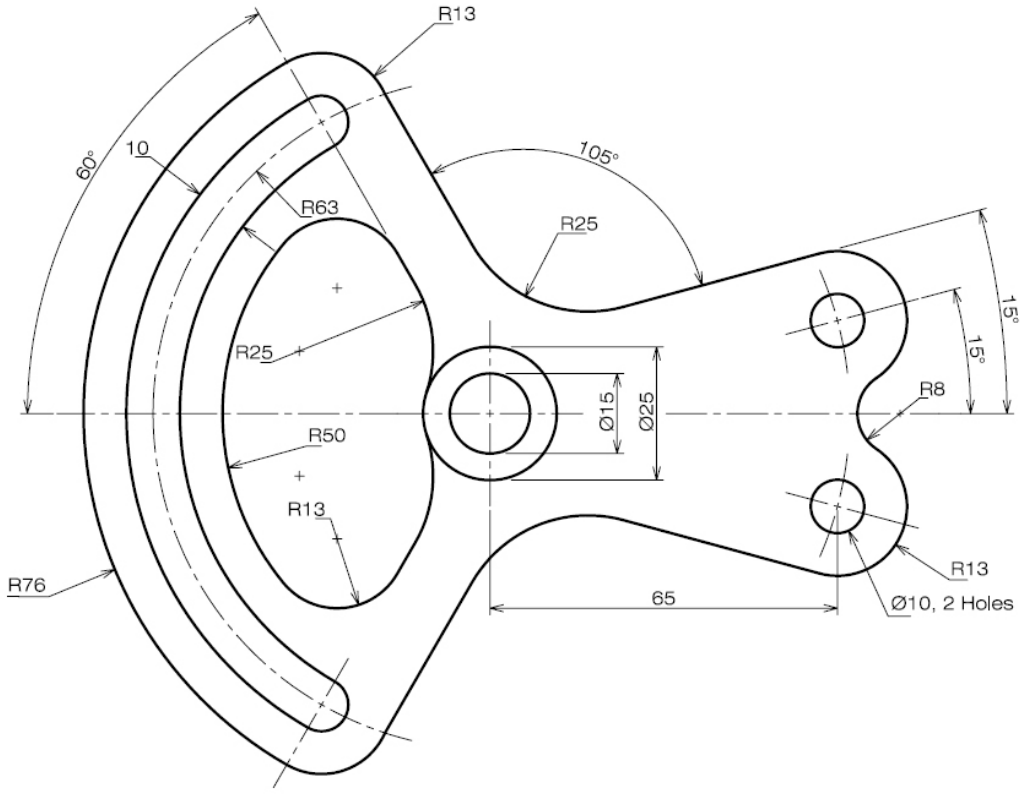
(c)


R14
Ø15
R8
Ø45
48
Ø45
Ø24
R32
R5
6
60
R19
Ø18
Ø24
R9
R54
R35

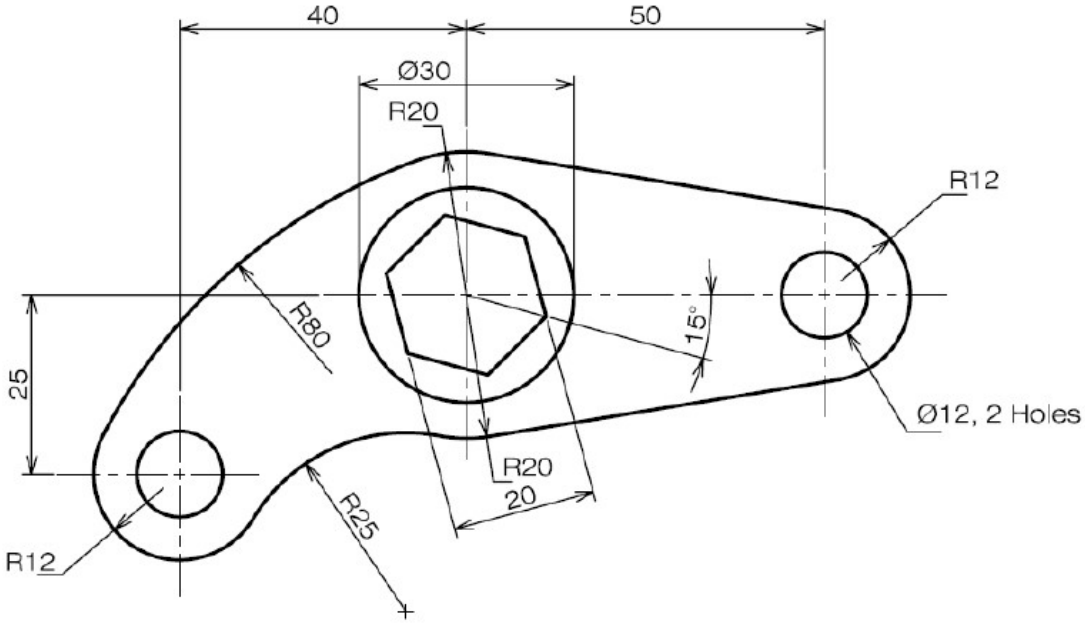
(d)


20
30
R15
R10
5-Ø10
Ø40
80
60
30
30
50
10
40
40

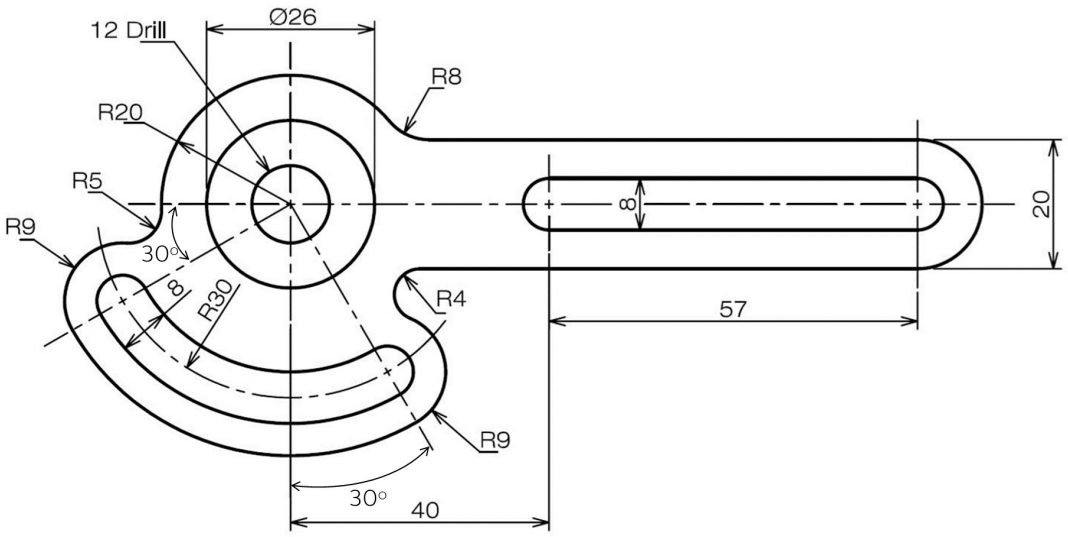
(e)


R13
60°
10
105°
R63
R25
R25
15°
15°
Ø15
Ø25
R8
R50
R13
R76
65
R13
Ø10, 2 Holes

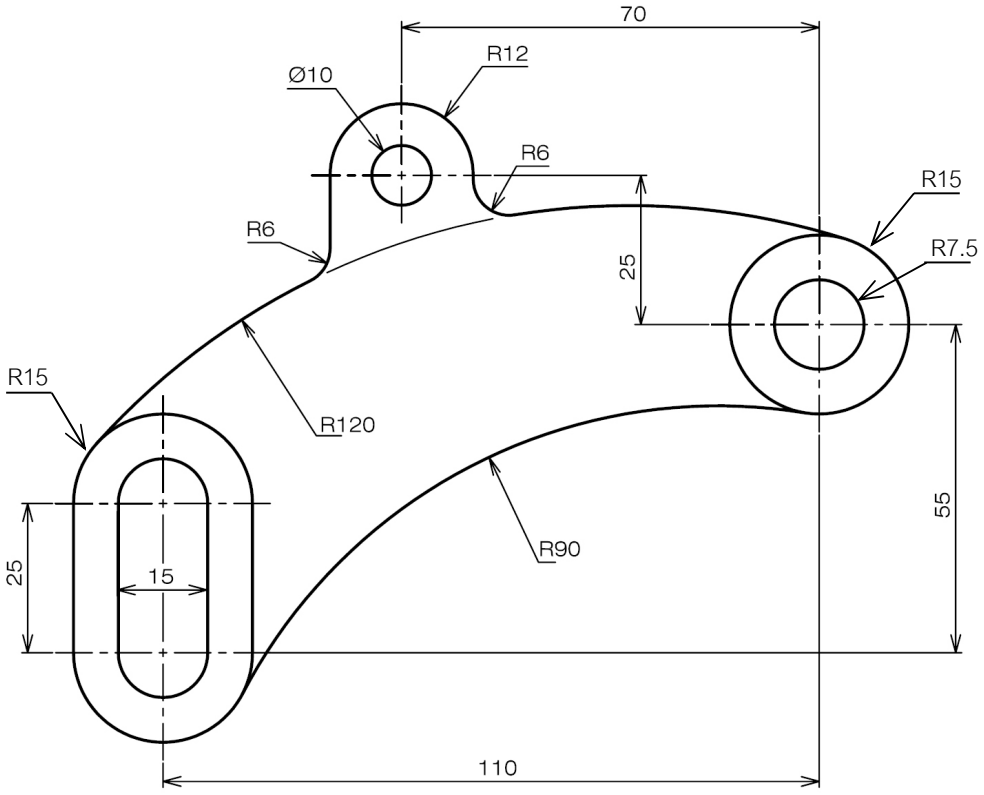
(f)


40
50
Ø30
R20
R12
R80
15°
25
Ø12, 2 Holes
R20
20
R25
R12

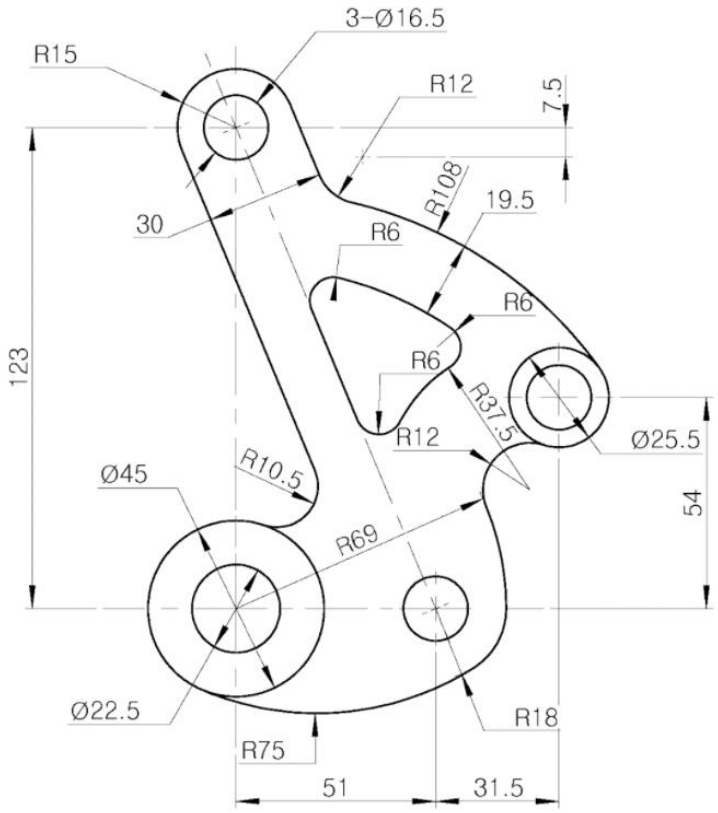
(g)


12 Drill
Ø26
R8
R20
R5
R9
30°
8
R30
R4
8
20
57
R9
30°
40

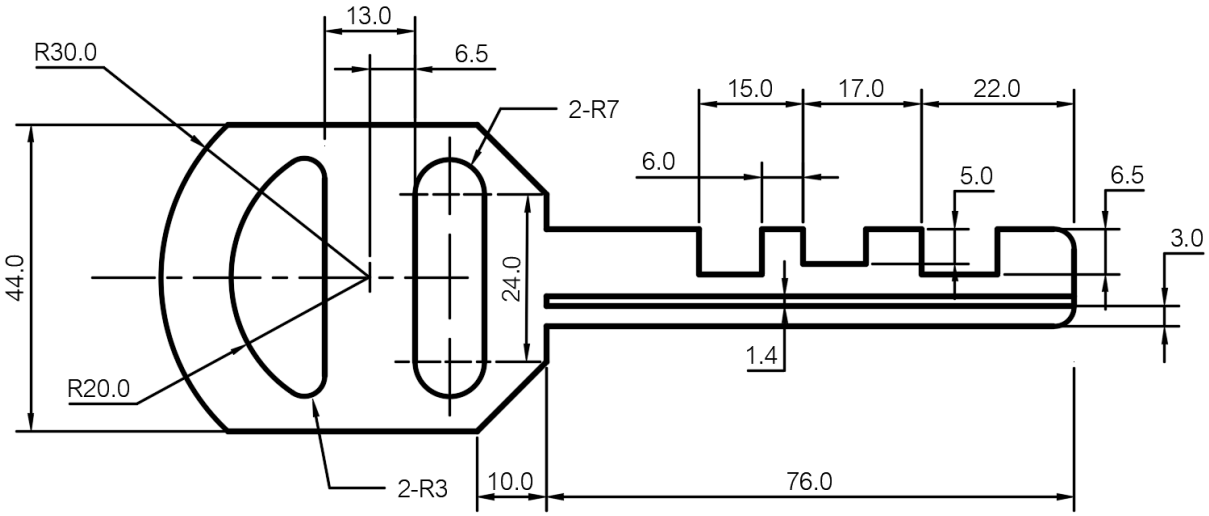
(h)


70
R12
Ø10
R6
R6
R15
R7.5
25
R15
R120
R90
55
25
15
110

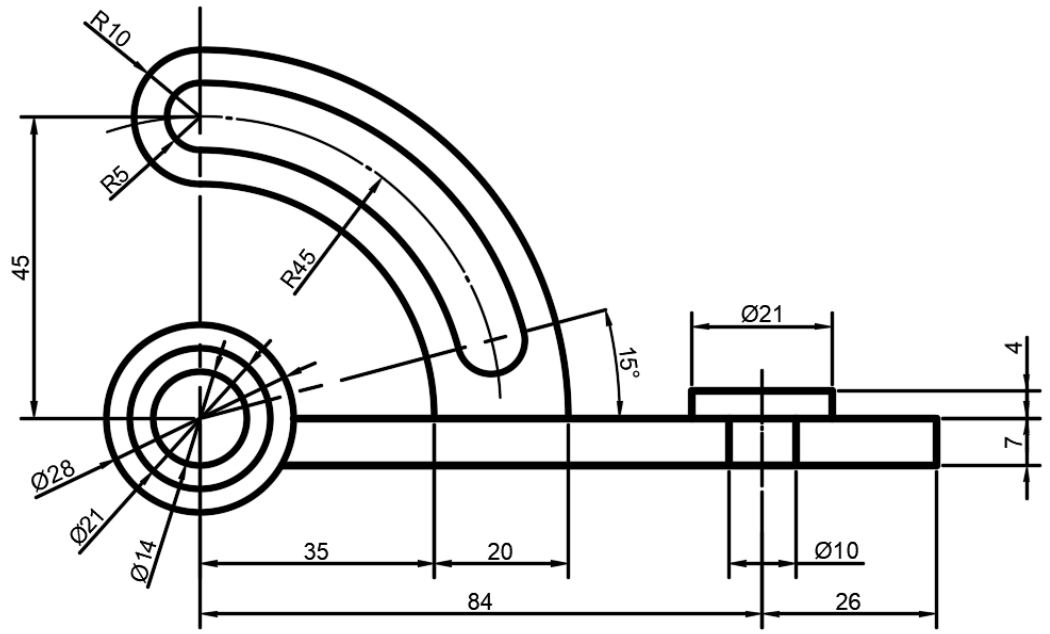
(i)


3-Ø16.5
R15
R12
7.5
R108
19.5
30
R6
R6
R6
R37.5
123
R12
Ø25.5
Ø45
R10.5
54
R69
Ø22.5
R18
R75
51
31.5

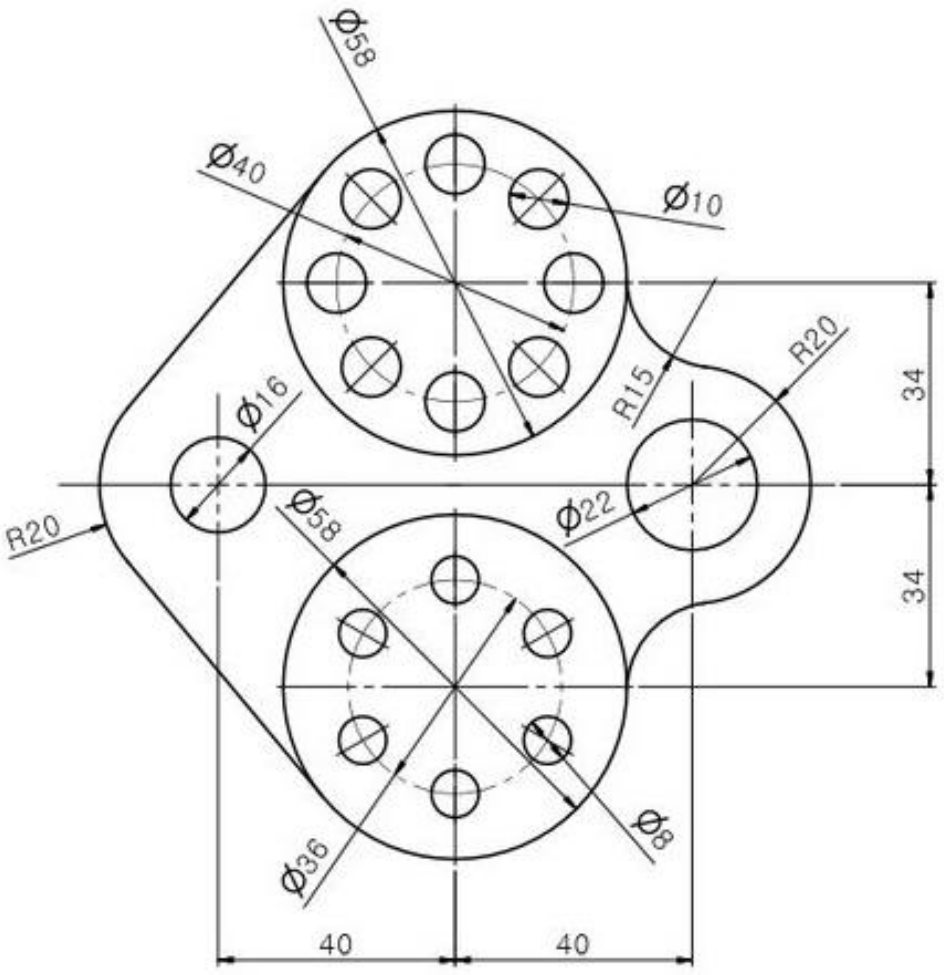
(j)


13.0
6.5
R30.0
2-R7
15.0
17.0
22.0
6.0
5.0
6.5
3.0
44.0
24.0
1.4
R20.0
2-R3
10.0
76.0

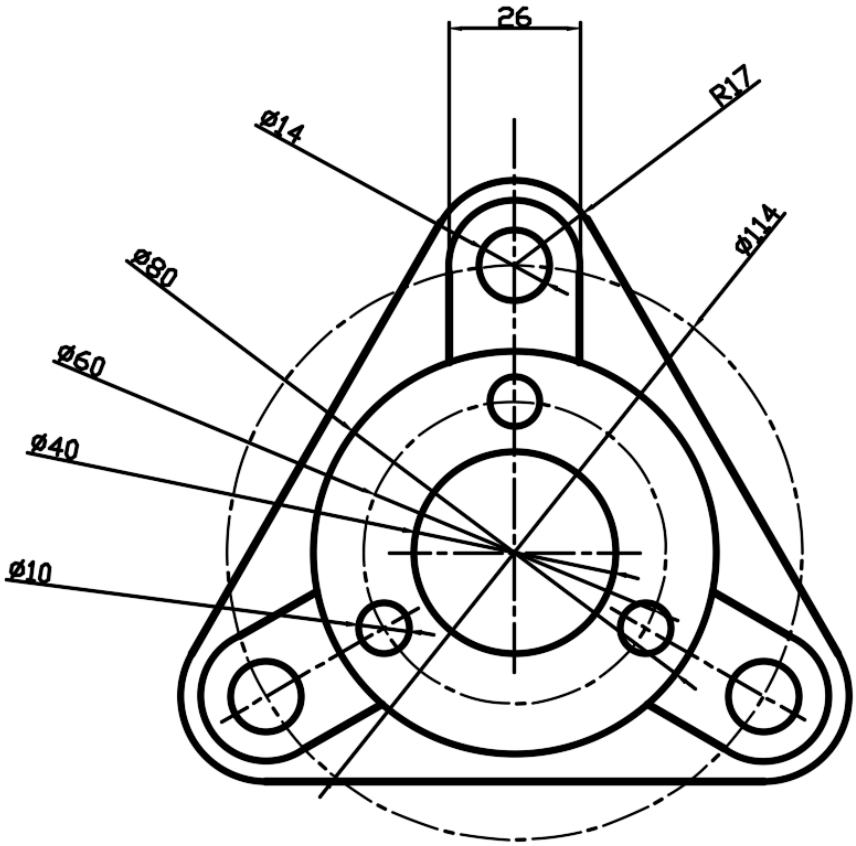
(k)


R10
R5
R45
45
15°
Ø21
4
7
Ø28
Ø21
Ø14
35
20
Ø10
84
26

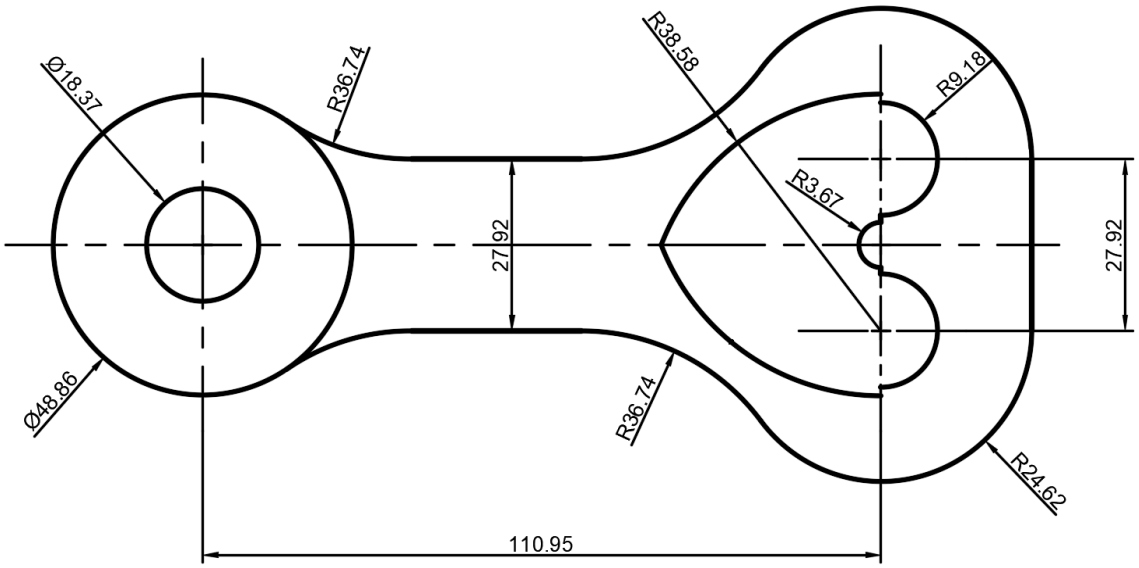
(l)


Ø58
Ø40
Ø10
R15
R20
34
Ø16
R20
Ø58
Ø22
34
Ø36
Ø8
40
40

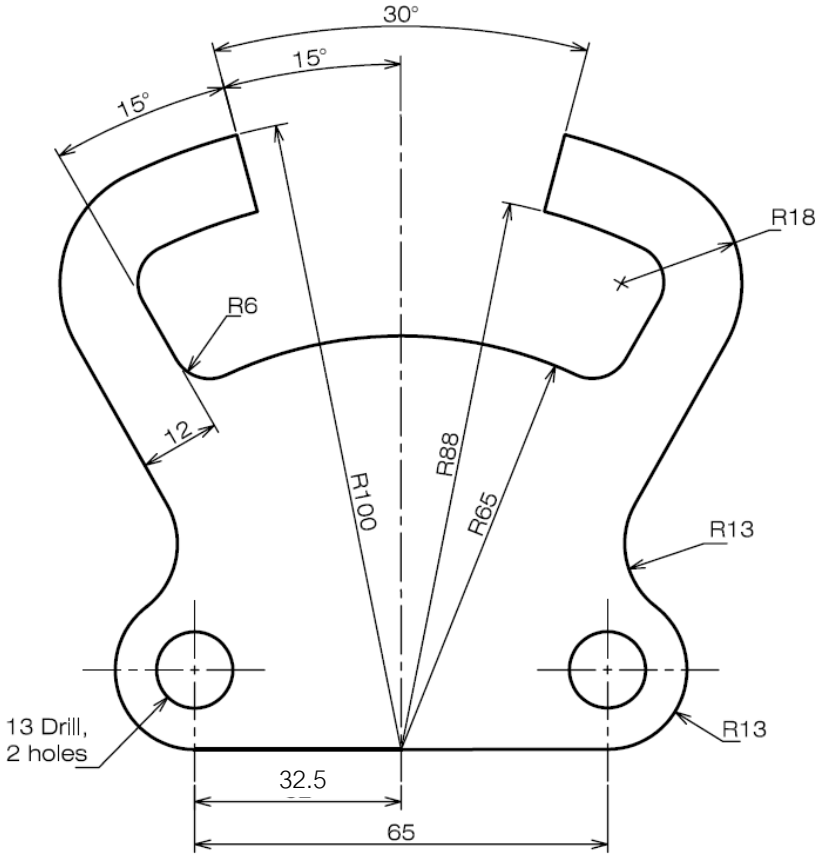
(m)


26
R17
ø14
ø114
ø80
ø60
ø40
ø10

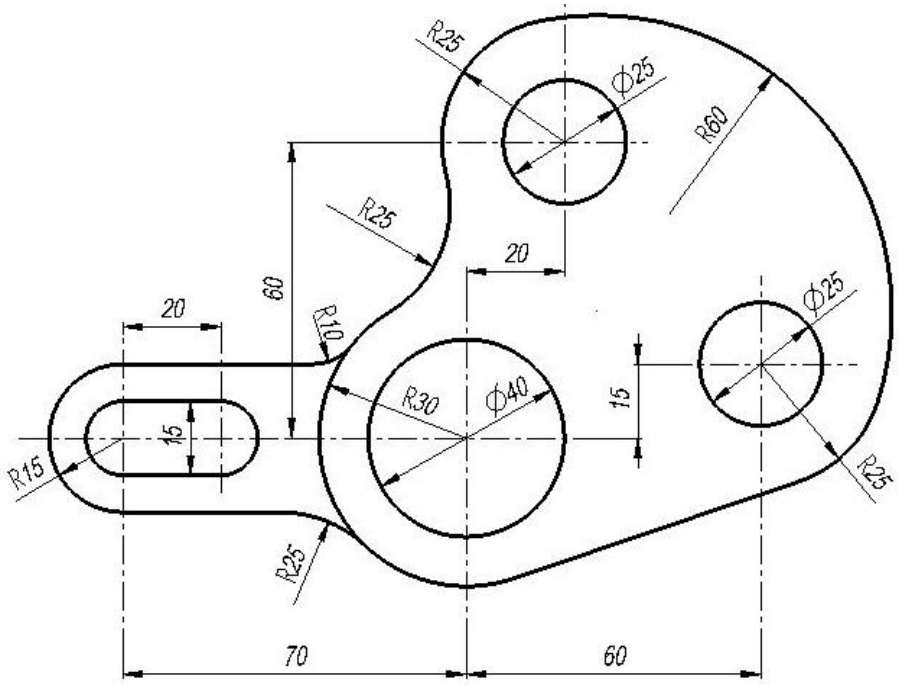
(n)


Ø18.37
R36.74
R38.58
R9.18
R3.67
27.92
27.92
Ø48.86
R36.74
R24.62
110.95

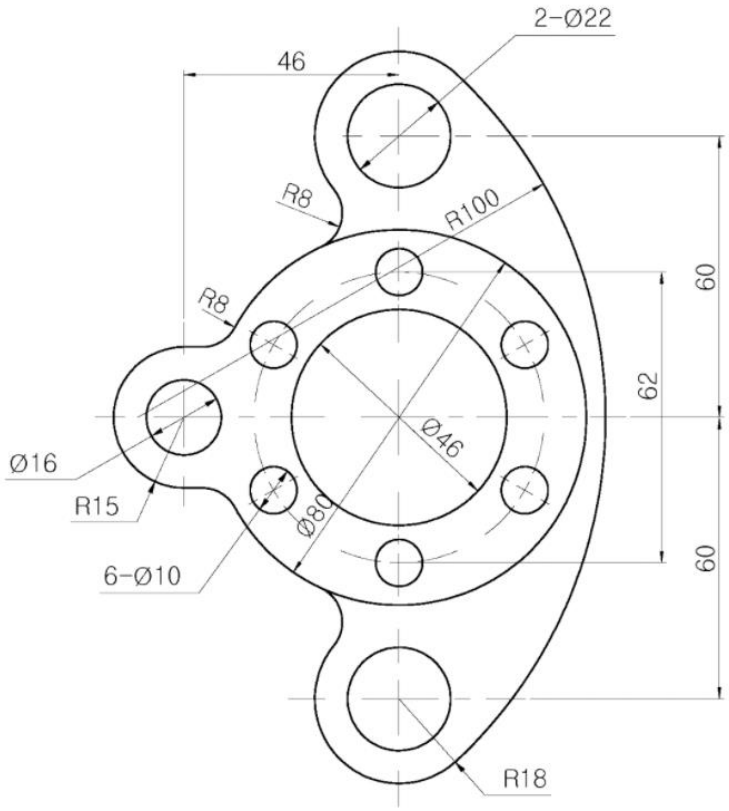
(o)


30°
15°
15°
R18
R6
12
R100
R88
R65
R13
13 Drill,
2 holes
R13
32.5
65

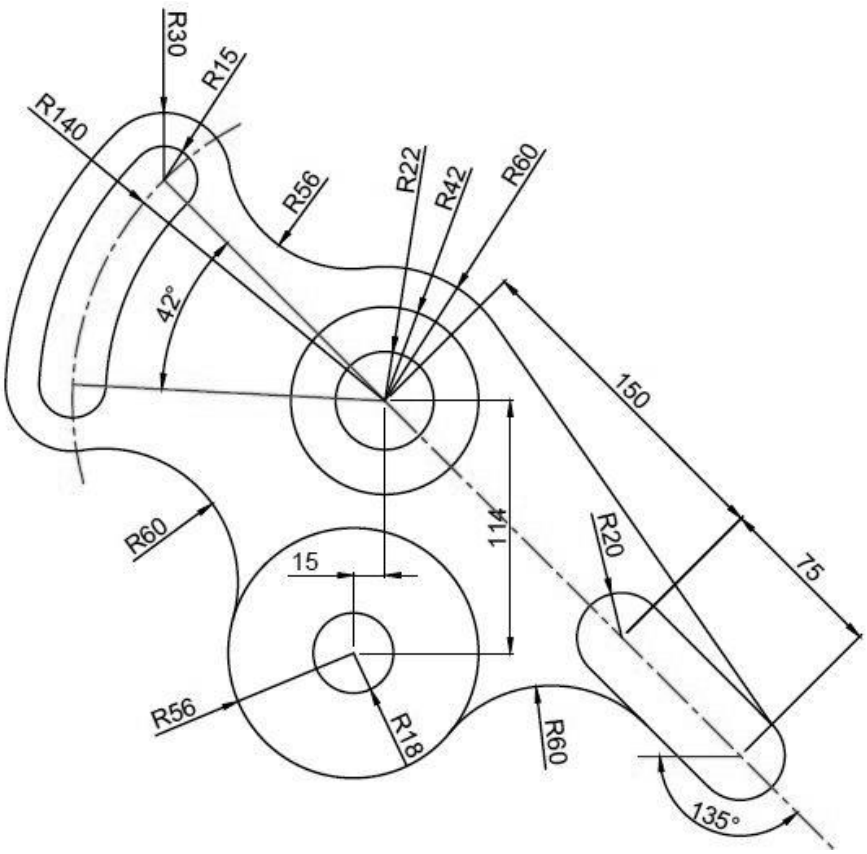
(p)


R25
ϕ25
R60
R25
20
60
20
R10
ϕ25
R30
ϕ40
15
15
R15
R25
R25
70
60

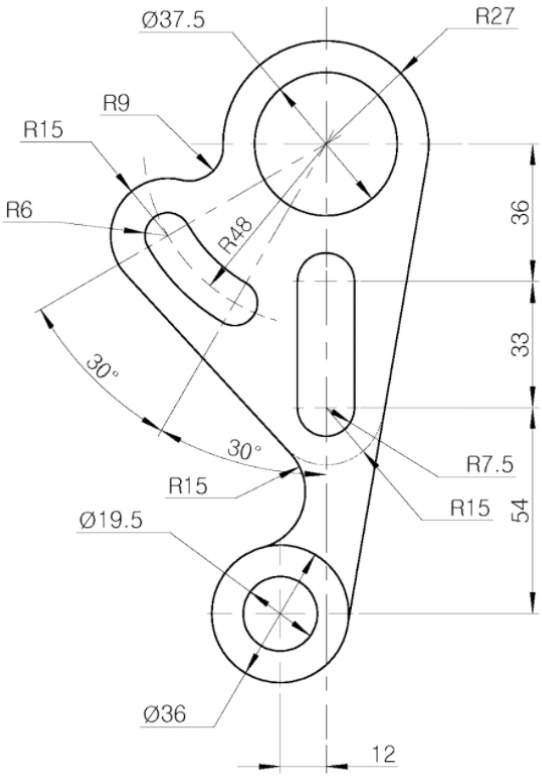
(q)


2-Ø22
46
R8
R100
R8
60
62
Ø46
Ø16
R15
Ø80
6-Ø10
60
R18

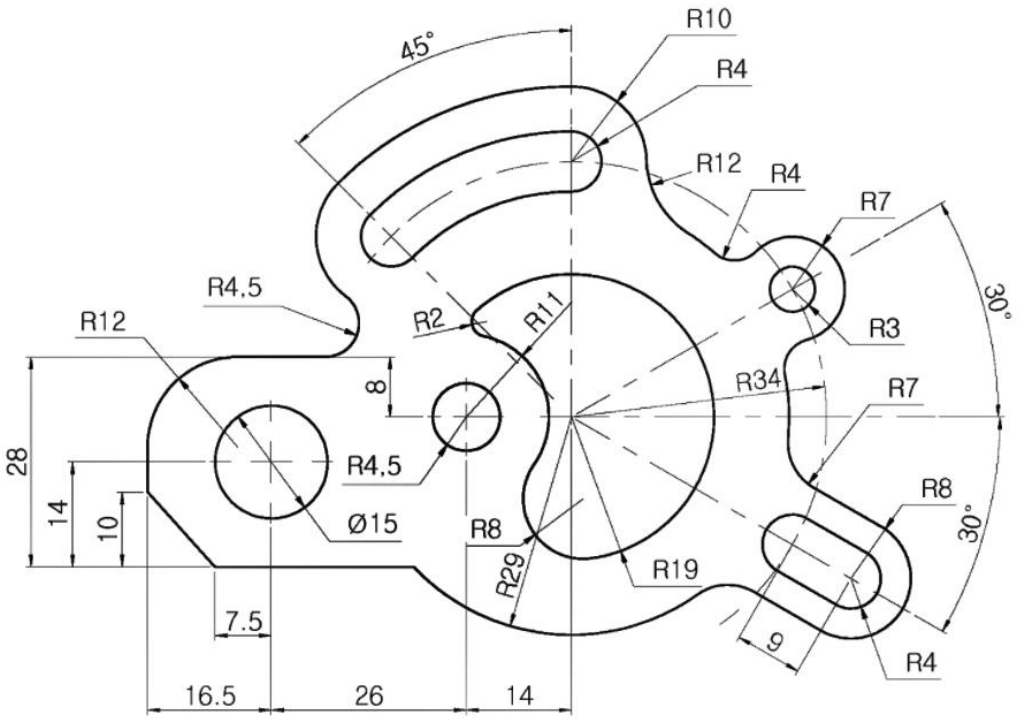
(r)


R30
R15
R140
R56
R22
R42
R60
42°
150
R60
114
R20
15
75
R56
R18
R60
135°

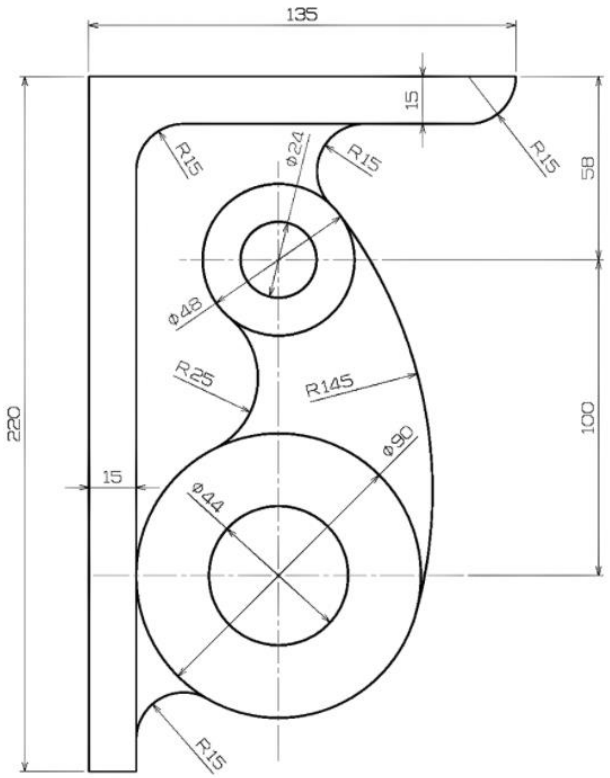
(s)


Ø37.5
R27
R9
R15
R6
R48
36
33
54
30°
30°
R7.5
R15
R15
Ø19.5
Ø36
12

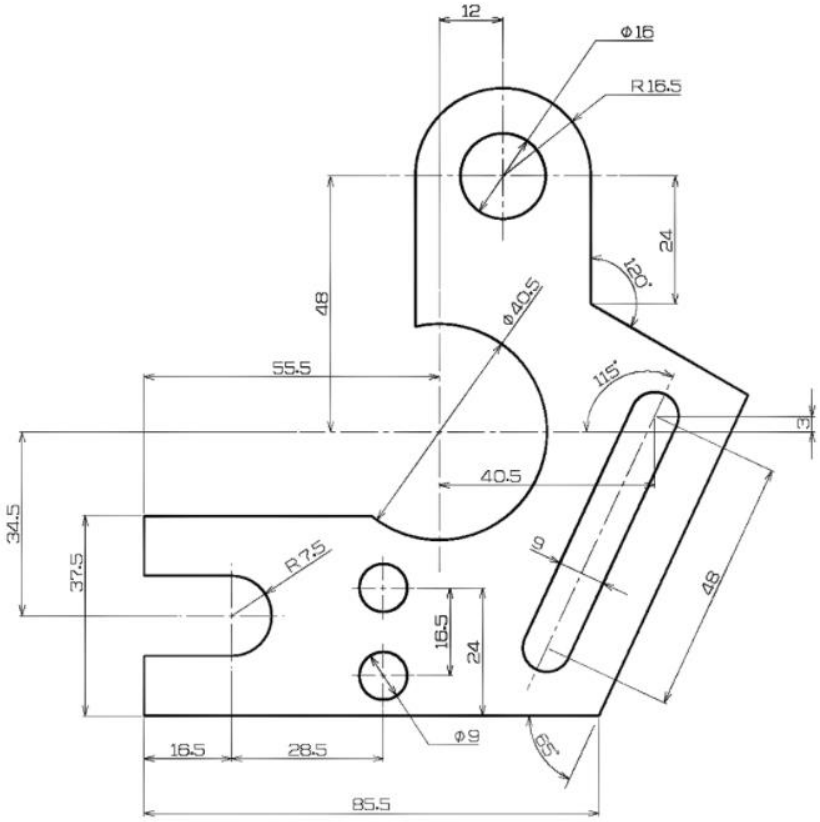
(t)


45°
R10
R4
R12
R4
R7
30°
R4,5
R12
R2
R11
R3
8
R34
R7
28
14
10
R4,5
Ø15
R8
R29
R19
R8
30°
7.5
9
R4
16.5
26
14

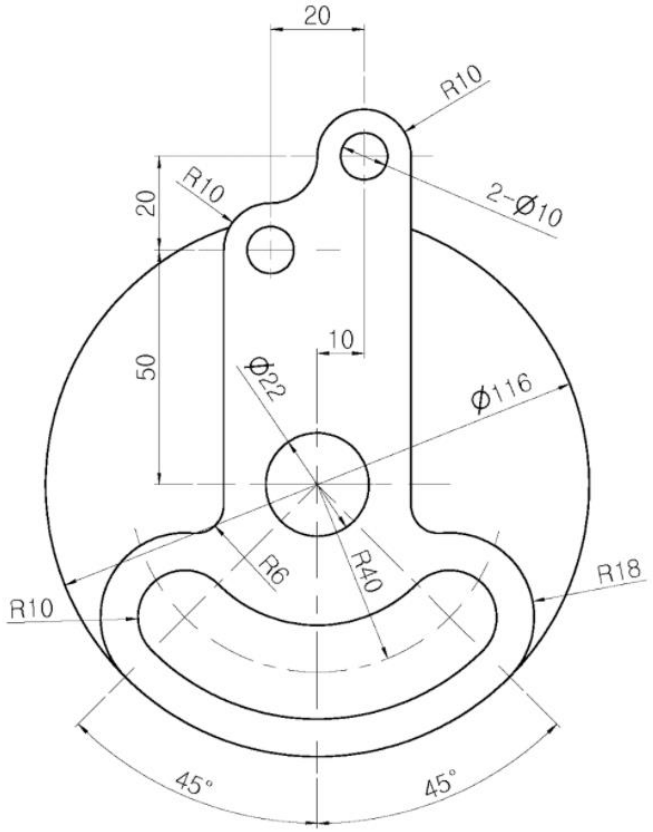
(u)


135
15
58
R15
R15
R15
ø24
ø48
R25
R145
ø90
ø44
220
100
15
R15

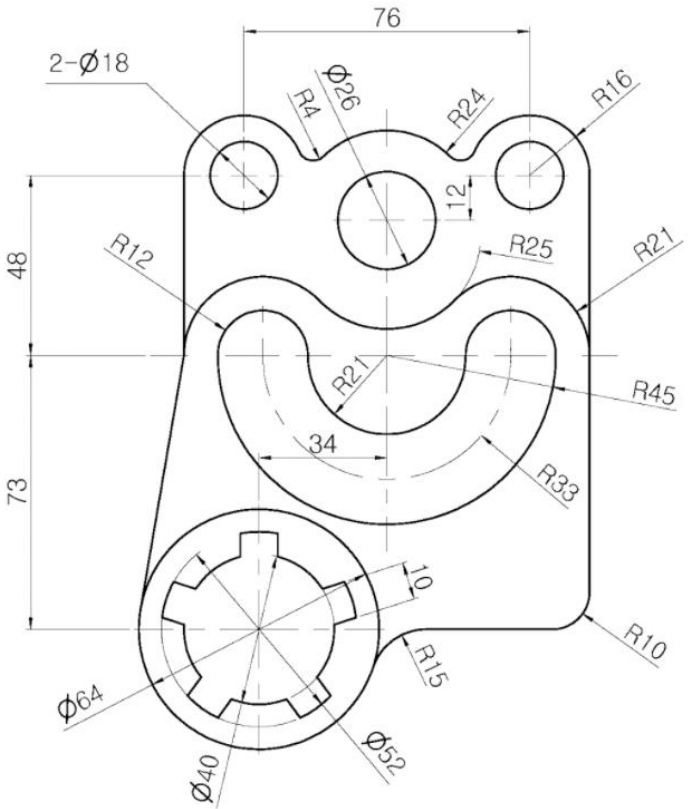
(v)


12
ø16
R16.5
24
120°
48
ø40.5
55.5
115°
3
40.5
34.5
37.5
R7.5
9
48
16.5
24
ø9
16.5
28.5
65°
85.5

(w)


20
R10
2-Ø10
R10
20
50
10
Ø22
Ø116
R6
R40
R18
R10
45°
45°

(x)

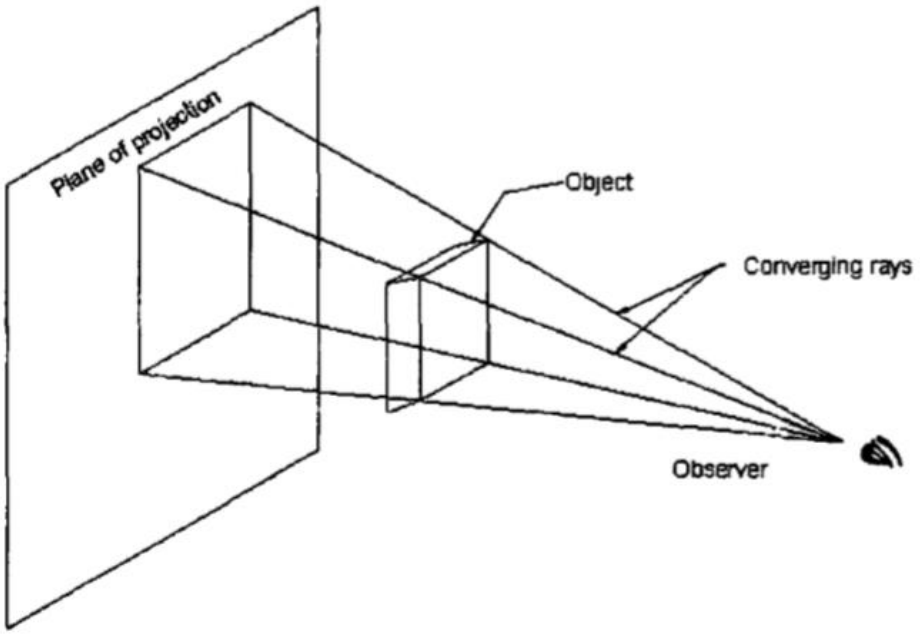

76
2-Ø18
Ø26
R4
R24
R16
12
48
R12
R25
R21
R21
R45
34
R33
73
10
R10
R15
Ø64
Ø52
Ø40

บทที่ 5
การฉายภาพและการเขียนภาพ Orthographic

5.1 หลักการฉายภาพ (Principle of projection)

การเขียนแบบวิศวกรรมโดยเฉพาะรูปทรงเรขาคณิตที่เป็นวัตถุแข็ง (Solid) เป็นภาษาภาพที่ใช้ในอุตสาหกรรม เพื่อแสดงแนวคิดและข้อมูลที่จำเป็นในรูปแบบของแปลนเพื่อสร้างเครื่องจักรอาคารสิ่งก่อสร้าง ฯลฯ โดยงานวิศวกรรมและเทคนิคทุกรูปแบบกำหนดให้ใช้พื้นผิวสองมิติ (กระดาษ) เพื่อสื่อสารแนวคิดและคำอธิบายทางกายภาพของรูปทรงที่หลากหลาย เพื่อให้ข้อมูลที่จำเป็นเกี่ยวกับวัตถุแก่ผู้ผลิตหรือบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้องเป็นเรื่องปกติที่จะต้องจัดทำประมาณการของวัตถุนั้น ที่สามารถกำหนดตำแหน่งสัมพัทธ์และรูปแบบจริงได้อย่างแม่นยำ

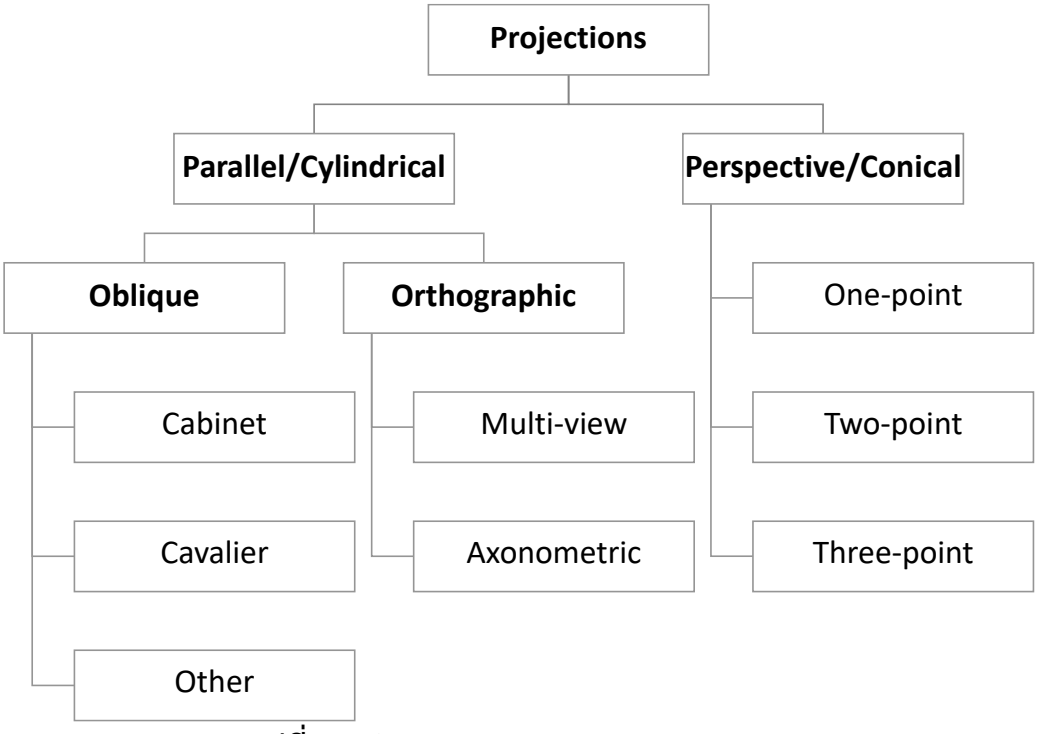
การฉายภาพ (Projection) เป็นกระบวนการที่ใช้แนวของการมองเห็นไปในทิศทางที่เฉพาะเจาะจงจากวัตถุหนึ่งไปสู่การสร้างภาพบนระนาบ หากเส้นแนวสายตาถูกดึงมาจากจุดต่าง ๆ บนรูปร่างของวัตถุเพื่อให้ตรงกับระนาบโปร่งใส ดังนั้น วัตถุจึงถูกฉายบนระนาบนั้น รูปหรือมุมมองที่เกิดขึ้นเรียกว่า **การฉายภาพของวัตถุ (Projection)** เส้นหรือแนวสายตาที่ดึงจากวัตถุไปยังระนาบเรียกว่า**เส้นแนวสายตา** (Projector) ระนาบโปร่งใสที่การฉายภาพถูกเรียกว่า **ระนาบการฉาย (Plane of projection)** ดังแสดงในรูปที่ 5.1



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

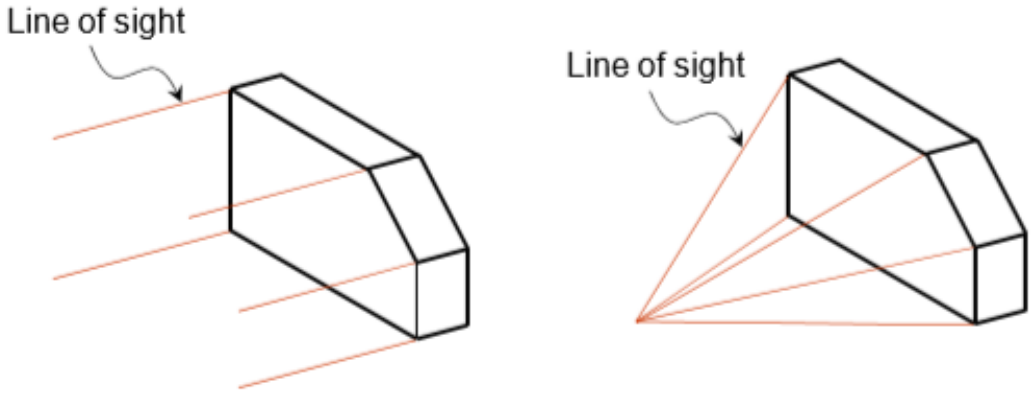
5.2 วิธีการฉายภาพ (Methods of projection)

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 เป็นภาพวาดที่พยายามเลียนแบบสิ่งที่สายตามนุษย์มองเห็นเมื่อมองวัตถุ ดังแสดงในรูปที่ 5.2 ถึงรูปที่ 5.4



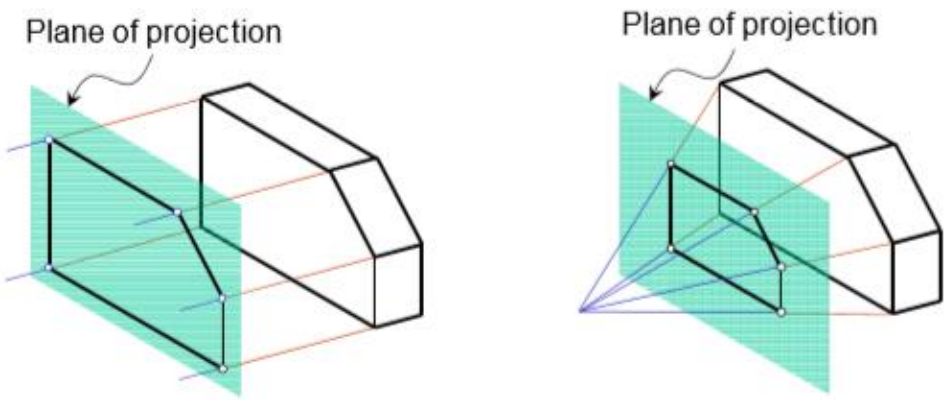
รูปที่ 5.2 ประเภทของการฉายภาพ (Projections)

(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 ระนาบหรือฉากรับภาพและการเกิดภาพแบบ Parallel และแบบ Perspective

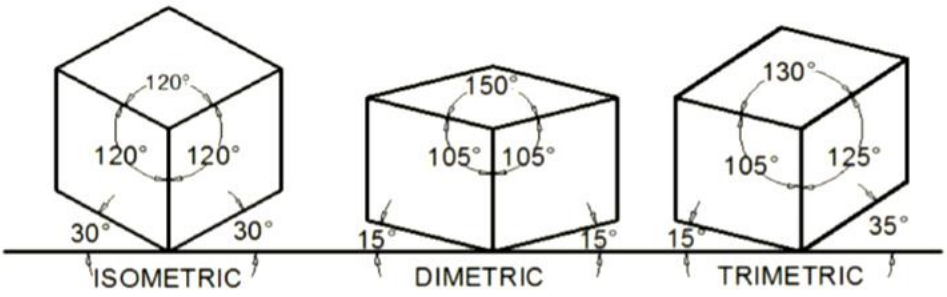
(Department of Civil Engineering Ahsanullah University of Science and Technology, 2017)

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

ในวิธีการ Pictorial projections เป็นตัวแทนของวัตถุด้วยมุมมองภาพเป็นเหมือนกับตาเห็น ในวิธีการนี้เป็นการฉายภาพวัตถุสามมิติ โดยจะถูกนำเสนอบนระนาบการฉายภาพด้วยมุมมองเดียวเท่านั้น ในขณะที่การฉายภาพวิธี Orthographic projection วัตถุจะถูกแสดงด้วยมุมมองสองหรือสามมุมมองบนระนาบการตั้งฉากซึ่งกันและกัน มุมมองการฉายภาพแต่ละมุมมองแสดงวัตถุสองมิติ สำหรับให้ข้อมูลที่สมบูรณ์ของวัตถุสามมิติต้องมีมุมมองอย่างน้อยสองหรือสามมุมมอง รายละเอียดเบื้องต้น ดังนี้

5.2.1 Axonometric Projection

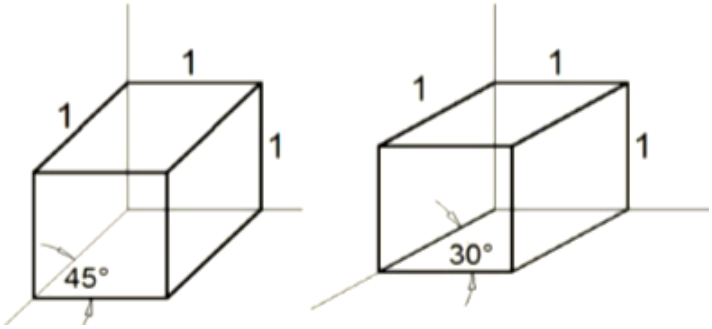
Axonometric Projection เป็นการฉายภาพแบบขนานซึ่งวัตถุจะดูเหมือนถูกหมุนเพื่อแสดงทั้งสามมิติ มี 3 ประเภท ได้แก่ Isometric, Dimetric และ Trimetric (ซึ่งจะกล่าวถึงในรายละเอียดในบทที่ 6) ดังแสดงในรูปที่ 5.5



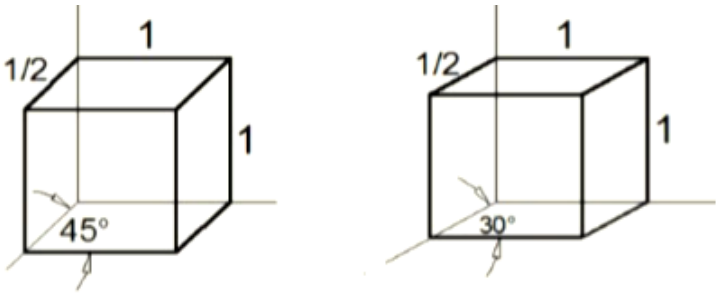
รูปที่ 5.2 Axonometric Projection (K. Venkata Reddy, 2008)

5.2.2 Oblique Projection

เป็นหนึ่งในวิธีของการฉายภาพแบบขนานแบบ Pictorial projection แต่ไม่ได้ตั้งฉากกับระนาบของภาพ มักจะทำมุมประมาณ 15° - 45° ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ (1) Cavalier projection ในกรณีนี้ขนาดตามแนวแกนทั้งหมดถูกวาดเต็มมาตราส่วนที่ถูกต้อง และ (2) Cabinet projection ในกรณีนี้ขนาดตามแนวแกนทแยงมุมจะถูกวาดโดยการลดขนาดลงเหลือครึ่งหนึ่งของค่าจริง ส่วนมิติตามแนวแกนอื่น ๆ ถูกวาดเต็มมาตราส่วนจริง (ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดในบทที่ 6) ดังแสดงในรูปที่ 5.6



(ก) Cavalier projection of unit cube

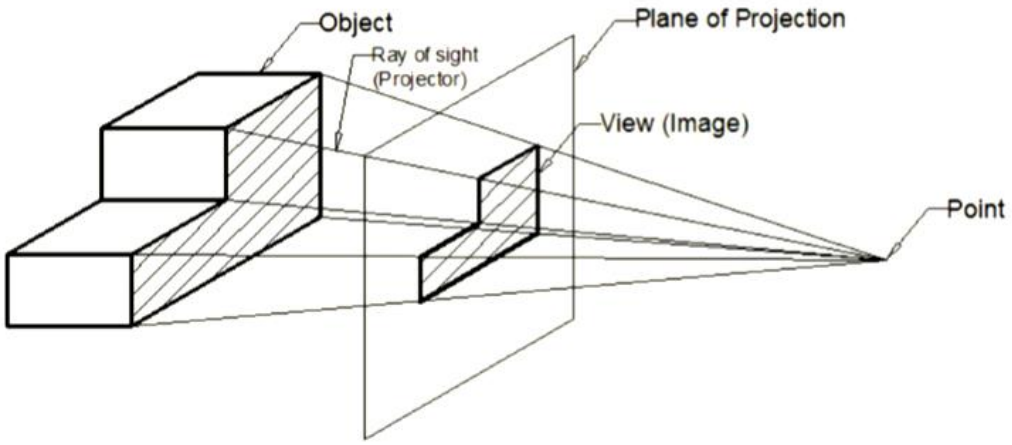


(ข) Cabinet projection of unit cube

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

5.2.3 Perspective Projection

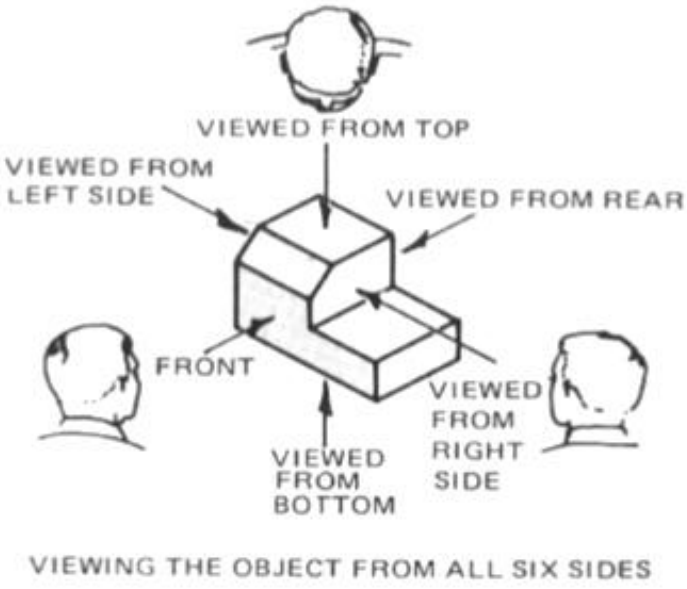
เป็นการฉายภาพแบบ Pictorial projection ที่เส้นแนวสายตา (Projector) ไม่ได้ขนานกัน และมุมที่เกิดขึ้นในระนาบของภาพในลักษณะที่มาบรรจบกันเป็นจุดราวกับว่าผู้สังเกตเห็นมุมมองบนระนาบของภาพจากจุดนั้น ในกรณีที่ผู้สังเกตมุมมองการฉายภาพอาจถือว่าอยู่ในระยะอนันต์ ดังแสดงในรูปที่ 5.7



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

5.2.4 Orthographic Projection

'ORTHO' หมายถึง มุมฉาก และ Orthographic หมายถึง การวาดภาพมุมฉาก เมื่อต้องฉายภาพตั้งฉากกับระนาบจึงเรียกว่า Orthographic projection หกมุมมองที่เป็นไปได้ในการฉายภาพ Orthographic ของวัตถุของแข็ง ได้แก่ มุมมองด้านบน มุมมองด้านหน้า มุมมองด้านซ้าย มุมมองด้านขวา มุมมองด้านหลัง และมุมมองด้านล่าง ดังแสดงในรูปที่ 5.8



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

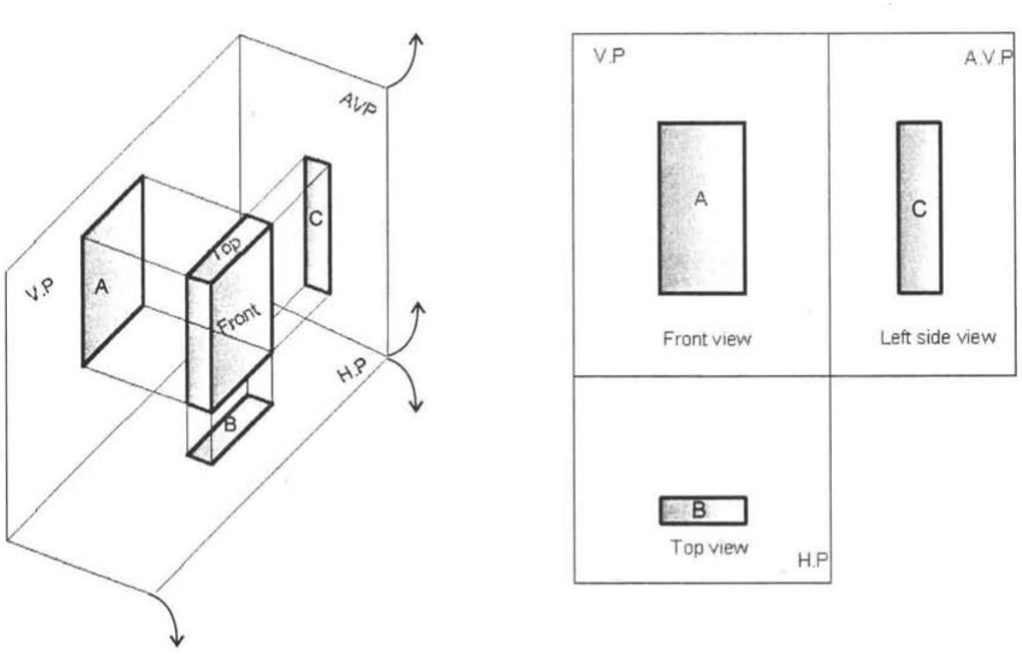
โดยทั่วไป Orthographic projection เป็นการฉายภาพเดียวโดยการวางฉากตั้งฉากกับระนาบ ซึ่งเป็นวิธีการแทนรูปร่างที่แน่นอนของวัตถุโดยการวางตั้งฉากจากสองด้านหรือ

มากกว่าไปยังระนาบ โดยทั่วไปเมื่อรวมมุมมองทุกด้านบนระนาบจะสามารถอธิบายวัตถุอย่างสมบูรณ์ วิธีที่สามารถทำความเข้าใจกันโดยทั่วไปมากที่สุดในการฉายภาพ Orthographic คือ Glass Box method

5.3 ระนาบของการฉายภาพ (Planes of projection)

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

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

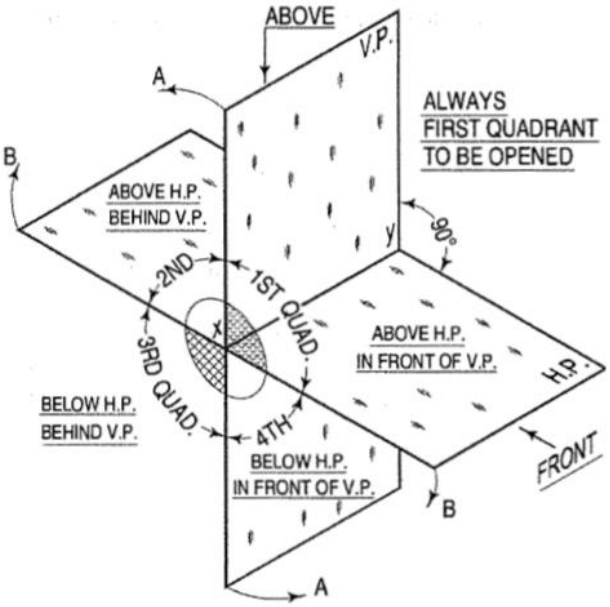


รูปที่ 5.9 การฉายภาพ Orthographic ด้านหน้า, ด้านบน และด้านข้าง (K. Venkata Reddy, 2008)

5.4 จตุภาค (Four quadrants)

เมื่อขยายระนาบของการฉายภาพออกไปเกินแนวที่ตัดกัน จะทำให้เกิดเป็นสี่ส่วนหรือมุมฉาก (ดังแสดงในรูปที่ 5.10) วัตถุจุอยู่ในจตุภาค (Four quadrants) ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งซึ่งสัมพันธ์กับระนาบที่ "เหนือหรือใต้ของ H.P.” และ “ด้านหน้าหรือด้านหลังของ V.P."

ระนาบนี้จะถูกสมมติให้โปร่งใส การฉายภาพนั้นได้มาจากการวาดภาพที่ตั้งฉากจากวัตถุไปยังระนาบ เช่น การมองจากด้านหน้าและจากด้านบน จากนั้นจะแสดงบนพื้นผิวโดยหมุนในระนาบใดระนาบหนึ่ง ทั้งนี้จตุภาคที่หนึ่ง (1st Quadrant) และสาม (3rd Quadrant) นั้นจะเปิดออกเสมอในขณะที่หมุนระนาบ ตำแหน่งของมุมมองจะเปลี่ยนไปตามจตุภาคที่วัตถุนั้นตั้งอยู่

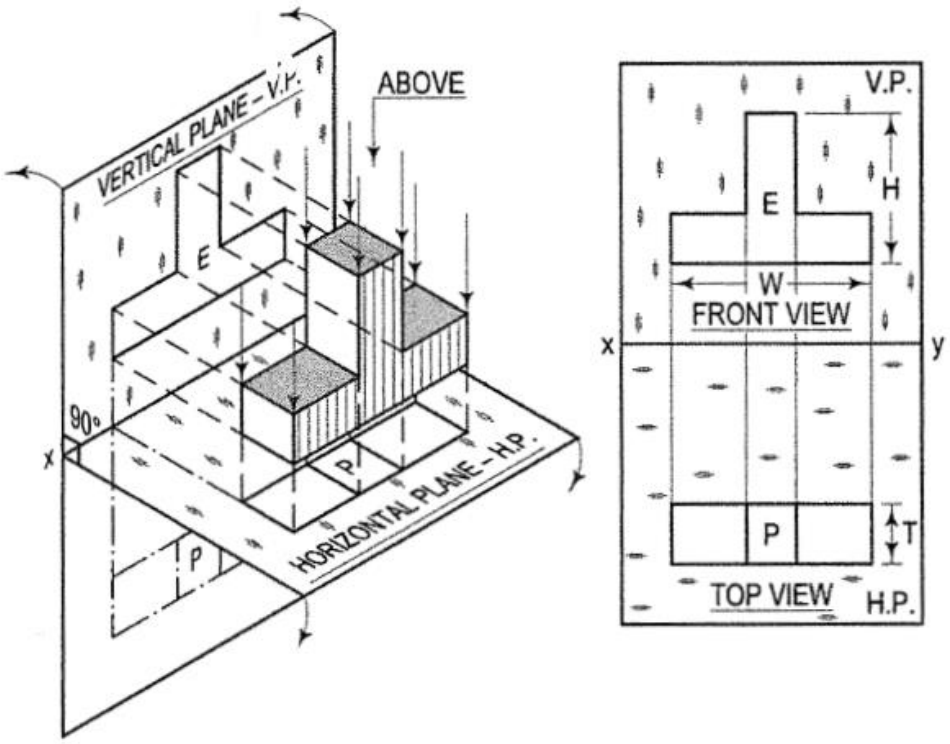


รูปที่ 5.10 Four quadrants (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

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

5.5.1 การฉายภาพมุมที่ 1 (First-angle projection)

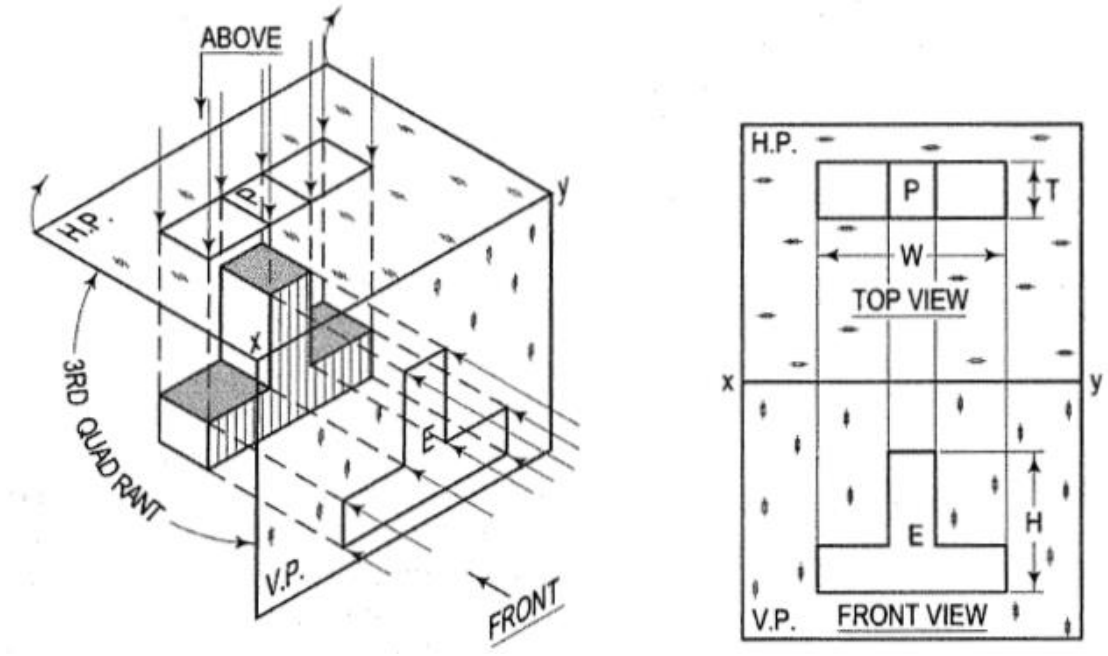
สมมติว่าวัตถุนั้นตั้งอยู่หน้า V.P. และเหนือ H.P. เช่นในจตุภาคแรกแล้วฉายบนระนาบนี้ วิธีการฉายภาพนี้เรียกว่า “**วิธีการฉายภาพแบบมุมแรก** (First-angle projection)” วัตถุนั้นอยู่ระหว่างผู้สังเกตกับระนาบการฉาย ในวิธีนี้เมื่อมุมมองภาพถูกวาดในตำแหน่งสัมพัทธ์ มุมมองด้านบนจะอยู่ด้านล่างมุมมองด้านหน้า กล่าวอีกนัยหนึ่งมุมมองที่มองเห็นจากด้านบนจะอยู่ที่อีกด้านหนึ่งของ (เช่นด้านล่าง) มุมมองด้านหน้า การฉายภาพแต่ละครั้งจะแสดงมุมมองของผิวนั้น (ของวัตถุ) ซึ่งอยู่ไกลจากระนาบที่ฉายออกมาและอยู่ใกล้กับผู้สังเกตมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 5.11



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

5.5.2 การฉายภาพมุมที่ 3 (Third-angle projection)

การฉายภาพวิธีนี้ วัตถุจะถูกสมมติว่าตั้งอยู่ในจตุภาคที่สาม (ดังแสงดในรูปที่ 5.12ก) ระนาบของการฉายภาพจะถือว่าโปร่งใส ภาพฉายจะอยู่ระหว่างวัตถุกับผู้สังเกต เมื่อผู้สังเกตมองวัตถุจากด้านหน้าแนวของการมองเห็นจะตัดกับ V.P. รูปที่เกิดขึ้นจากการรวมจุดตัดกันในลำดับที่ถูกต้อง เป็นการมองจากด้านบนของมุมมองด้านบนได้มาในลักษณะที่คล้ายกันโดยดูจากด้านบน เมื่อนำระนาบสองระนาบมาเรียงต่อกันมุมมองจะเห็น (ดังแสดงในรูปที่ 5.12ข) มุมมองด้านบนในกรณีนี้อยู่เหนือมุมมองด้านหน้า



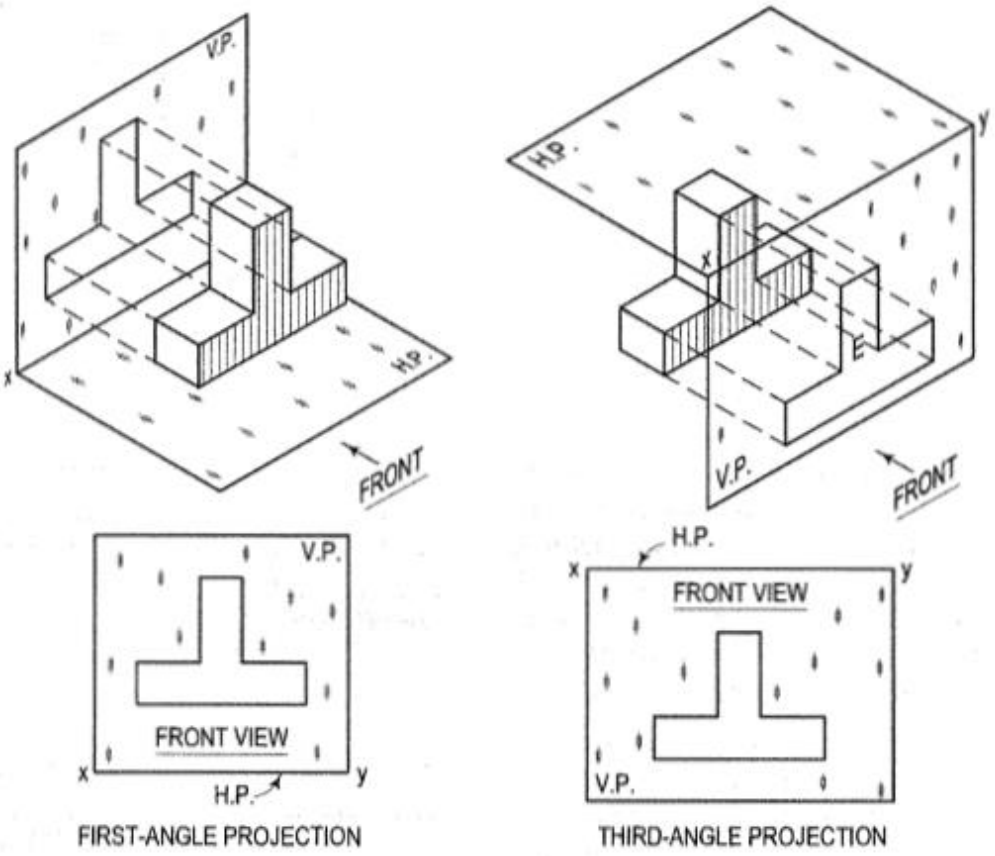
(ก) (ข)

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

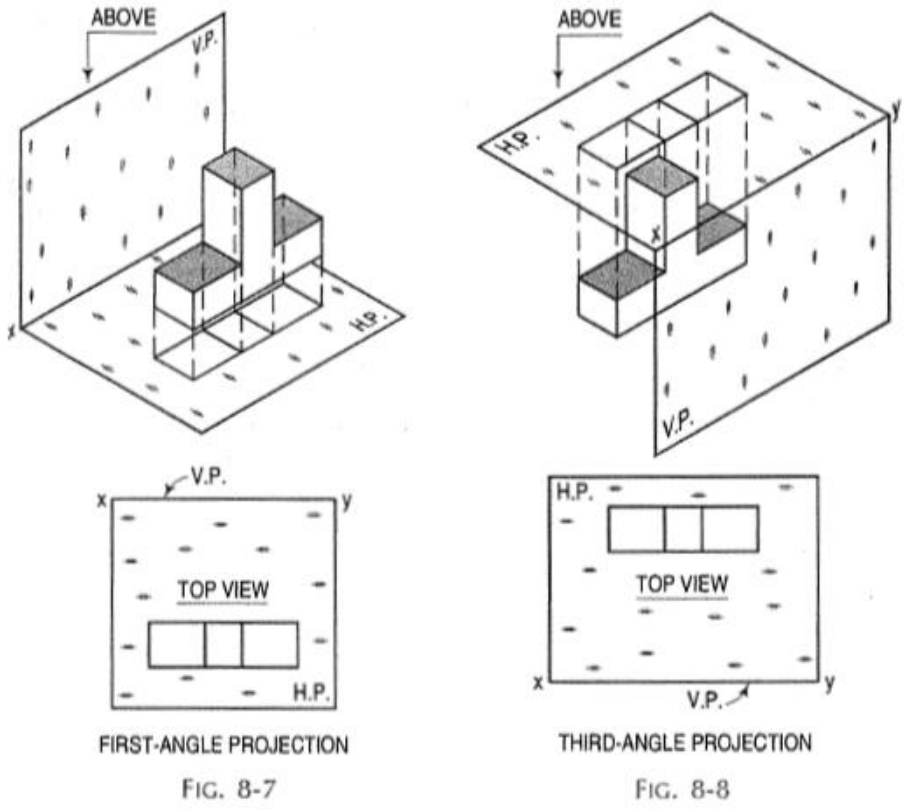
5.5.3 เปรียบเทียบการฉายภาพมุมที่ 1 และมุมที่ 3

ในขณะที่พิจารณามุมมองด้านหน้า (ดังแสดงในรูปที่ 5.13) ซึ่งเป็นมุมมองที่มองเห็นจากด้านหน้า โดย H.P.เกิดขึ้นพร้อมกับแนวเส้น xy และในทางกลับกัน xy เป็นตัวแทนของ H.P. เช่นกัน

ในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณามุมมองด้านบน (ดังแสดงในรูปที่ 5.9) ซึ่งเป็นมุมมองที่ได้จากการมองจากด้านบนแนวเส้น xy ซึ่งแทน V.P. ดังนั้นเมื่อการฉายภาพทั้งสองนั้นถูกวาดในความสัมพันธ์ที่ตั้งฉากซึ่งกันและ xy ที่เป็นตัวแทนทั้ง H.P และ V.P แนวเส้น xy นี้เรียกว่า **เส้นอ้างอิง (Reference line)** นอกจากนี้ในวิธีการฉายภาพมุมที่ 1 มักจะถูกจัดให้อยู่ในแนวเดียวกับพื้นดินบนหรือเหนือวัตถุที่ตั้งอยู่ ดังนั้นในวิธีนี้แนวเส้น xy จึงเป็นเส้นตรงสำหรับพื้นดิน

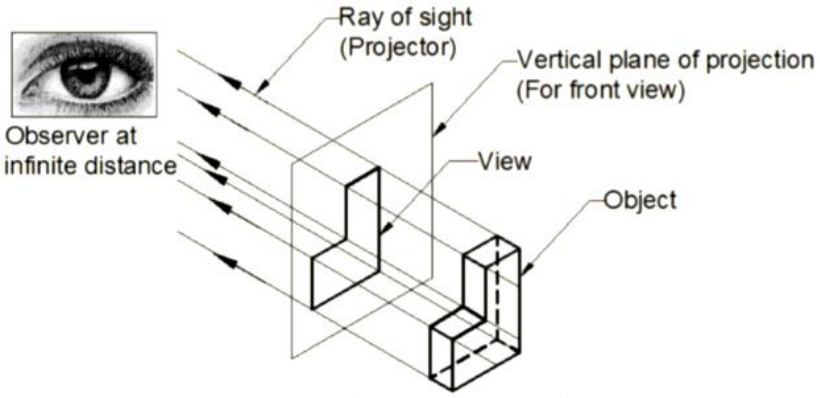


รูปที่ 5.13 มุมมองที่มองเห็นจากด้านหน้า (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

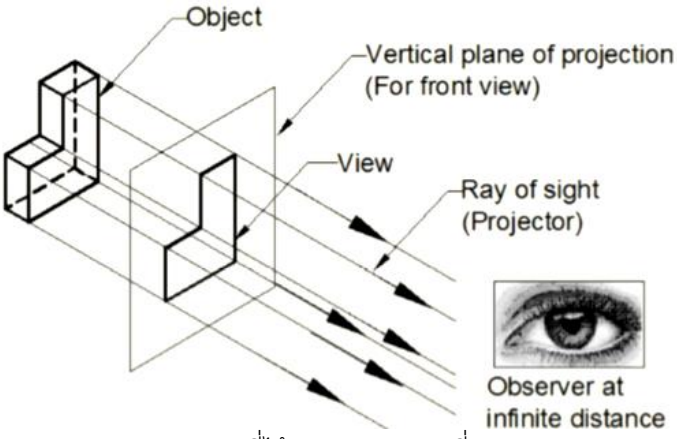


รูปที่ 5.14 มุมมองที่มองเห็นจากด้านบน (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

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



(ก) มุมมองที่ได้จากภาพฉายมุมที่ 1



(ข) มุมมองที่ได้จากภาพฉายมุมที่ 3

รูปที่ 5.15 ตัวอย่างวิธีการมองภาพฉายด้านหน้า (Md. Roknuzzaman, 2017)

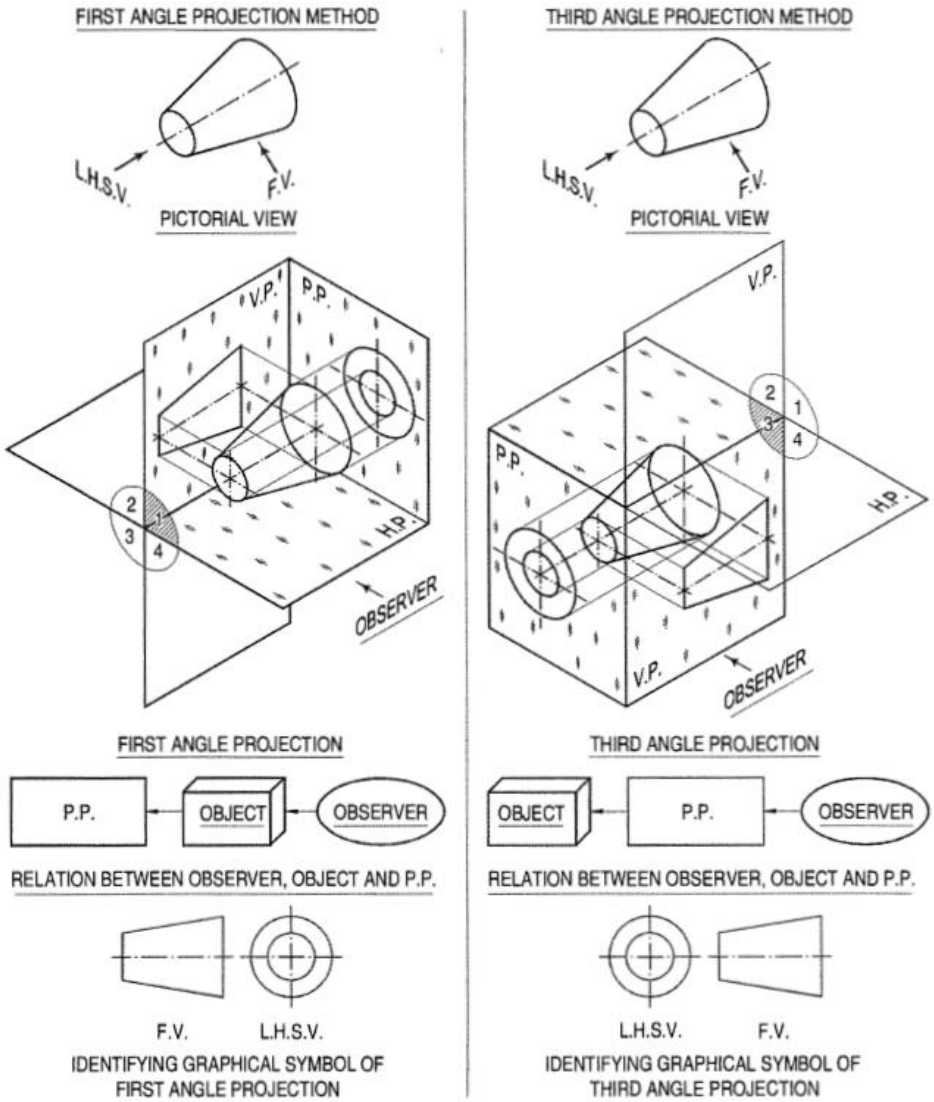
ดังที่ได้กล่าวมาแล้วมุมมองของการภายภาพ Orthographic เป็นการฉายภาพมุมที่ 1 (ใช้ในประเทศในยุโรป, มาตรฐาน ISO) หรือที่เรียกว่า “ระบบอังกฤษ” หรือการฉายภาพมุมที่ 3 (ใช้ในบังคลาเทศ, แคนาดา, สหรัฐอเมริกา, ญี่ปุ่น, ไทย) ซึ่งเรียกว่าระบบอเมริกัน โดยสามารถเปรียบเทียบการฉายภาพมุมที่ 1 และมุมที่ 3 ดังแสดงในตารางที่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

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบการฉายภาพมุมที่ 1 และมุมที่ 3

มุมที่ 1 (First angle)	**มุมที่ 3** (Third-angle)
(2) วัตถุจะอยู่ไว้ในจตุภาคแรก **(First quadrant)** (3) วัตถุอยู่ระหว่างผู้สังเกตและระนาบ (4) ระนาบของการฉายภาพถูกสมมติว่าไม่โปร่งใส (5) ในวิธีนี้เมื่อมุมมองถูกวาดในตำแหน่งสัมพัทธ์ ระนาบต่ำกว่าระดับความสูงมุมมองของวัตถุที่สังเกตจากด้านซ้ายจะถูกเขียนตั้งฉากของระดับความสูง	(1) วัตถุจะถูกสมมติให้อยู่ในจตุภาคที่สาม (Third quadrant) (2) ระนาบการฉายอยู่ระหว่างผู้สังเกตกับวัตถุ (3) ระนาบของการฉายภาพถูกสมมติว่ามีความโปร่งใส (4) ในวิธีนี้เมื่อวาดมุมมองในตำแหน่งสัมพัทธ์ ระนาบจะอยู่เหนือระดับความสูง มุมมองด้านซ้ายมือจะถูกวาดไปทางด้านซ้ายของมือของระดับความสูง

5.5.4 **สัญลักษณ์ภาพฉาย** (Symbols for methods of projection)

สัญลักษณ์สำหรับวิธีการฉายภาพ สำหรับทุกรูปวาดเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะระบุวิธีการฉายภาพที่นำมาใช้ สิ่งนี้ทำได้โดยใช้รูปสัญลักษณ์ที่วาดภายใน Title block บนแผ่นงานเขียนแบบ โดยรูปสัญลักษณ์สำหรับวิธีการฉายมุมที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 5.16(ก) ในขณะที่สำหรับวิธีการฉายมุมที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 5.16(ข)

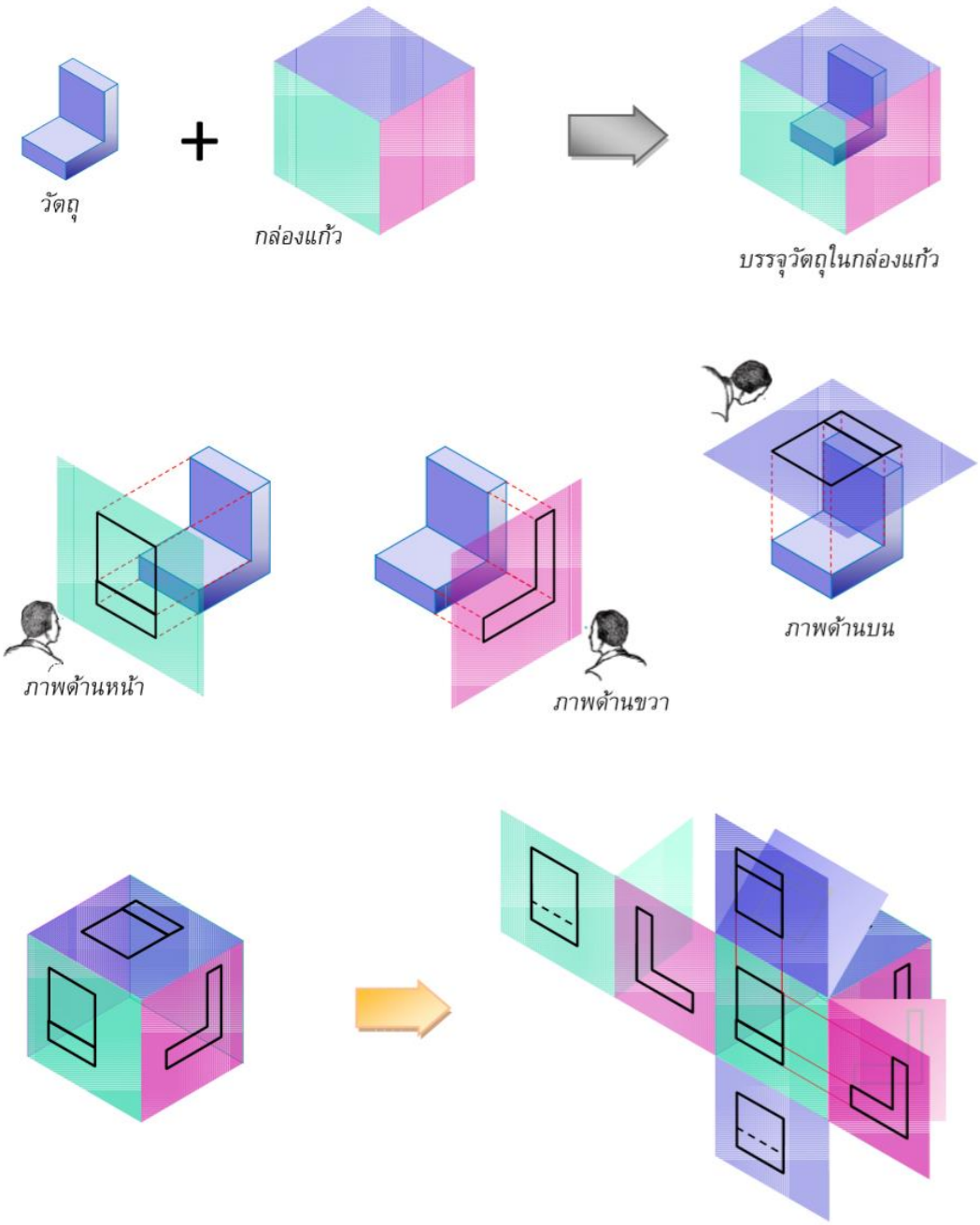


รูปที่ 5.16 สัญลักษณ์สำหรับวิธีการฉายภาพ (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

5.5.5 The Glass Box Method

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

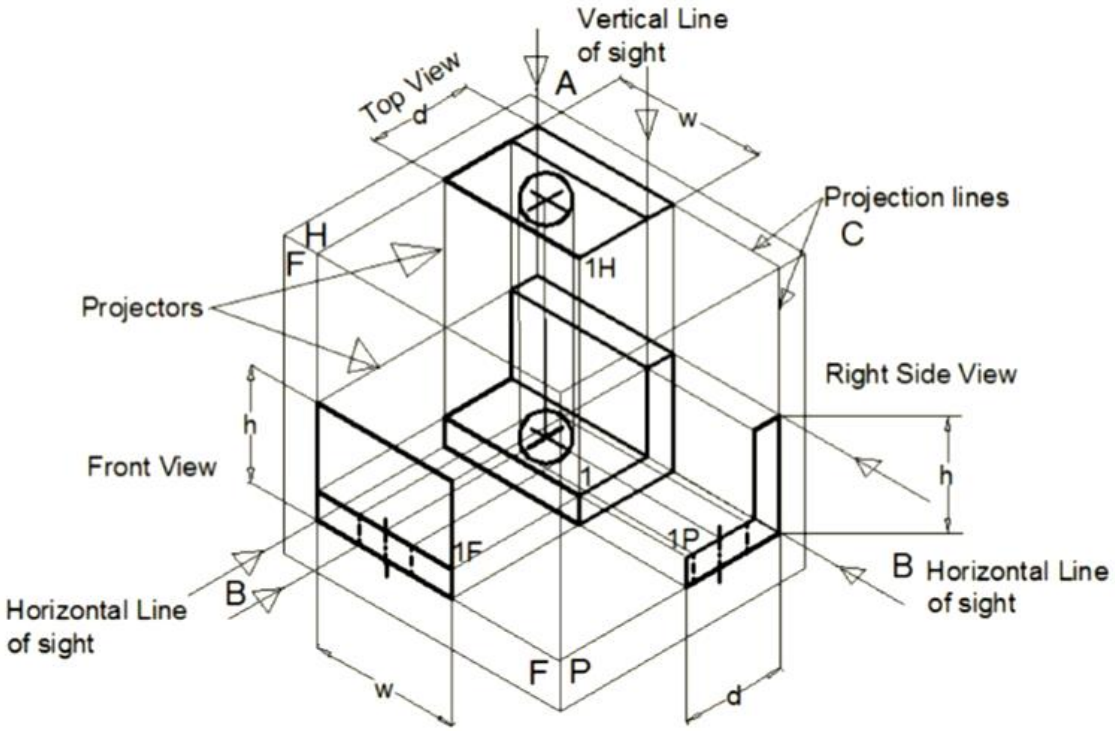
- ผู้เขียนต้องจินตนาการว่าวัตถุนั้นถูกใส่ไว้ใน“ กล่อง” ที่หรือเรียกว่า “Glass Box”
- แต่ละมุมมองของวัตถุถูกสร้างขึ้นบนพื้นผิว Glass Box
- เพื่อให้ได้มุมมอง การฉายภาพแบบตั้งฉากจะถูกเขียนที่จุดเริ่มต้นในแต่ละจุดของวัตถุและขยายไปถึงพื้นผิว Glass Box
- Glass Box ถูกจินตนาการว่าเป็นบานพับเพื่อให้สามารถคลี่ออกได้ (คล้ายกระดาษ) กล่องถูกกางออกเพื่อจัดเรียงมุมมองต่างๆ



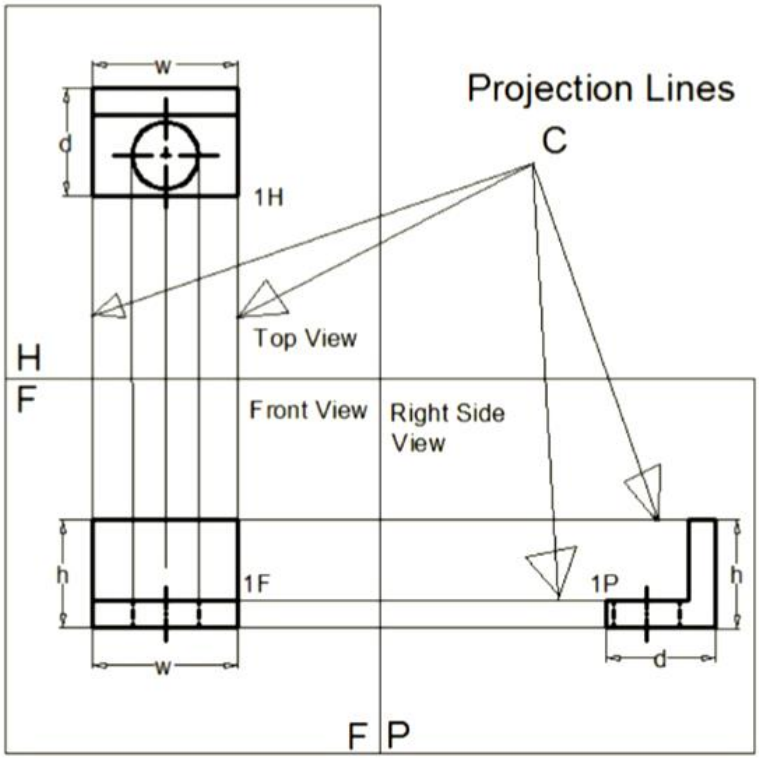
รูปที่ 5.3 หลักการของวิธี Glass box (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

เส้นสายตาในแนวตั้ง (A) และเส้นแนวนอน (B) ถือว่าเป็นจุดที่ไม่มีที่สิ้นสุด เส้นสายตาตั้งฉากกับระนาบของการฉายภาพเสมอ โดยมีพื้นผิวของกล่องแก้ว (ด้านบน ด้านหน้า และด้านขวา) เส้นฉาย (C) เชื่อมต่อจุดเดียวกันบนระนาบการฉายจากมุมมองไปยังมุมมองเสมอที่มุมขวา มีการฉายจุดขึ้นบนระนาบการฉายซึ่งจะตัดระนาบของภาพนั้น (ดังแสดงในรูปที่ 5.18) จุดที่ 1 ซึ่งหมายถึงมุมที่หนึ่งของวัตถุที่กำหนดได้รับการฉายไปยังระนาบภาพหลักสามภาพ เมื่อตัดระนาบแนวนอน (ระนาบบนของการฉายภาพ) จะถูกระบุว่า

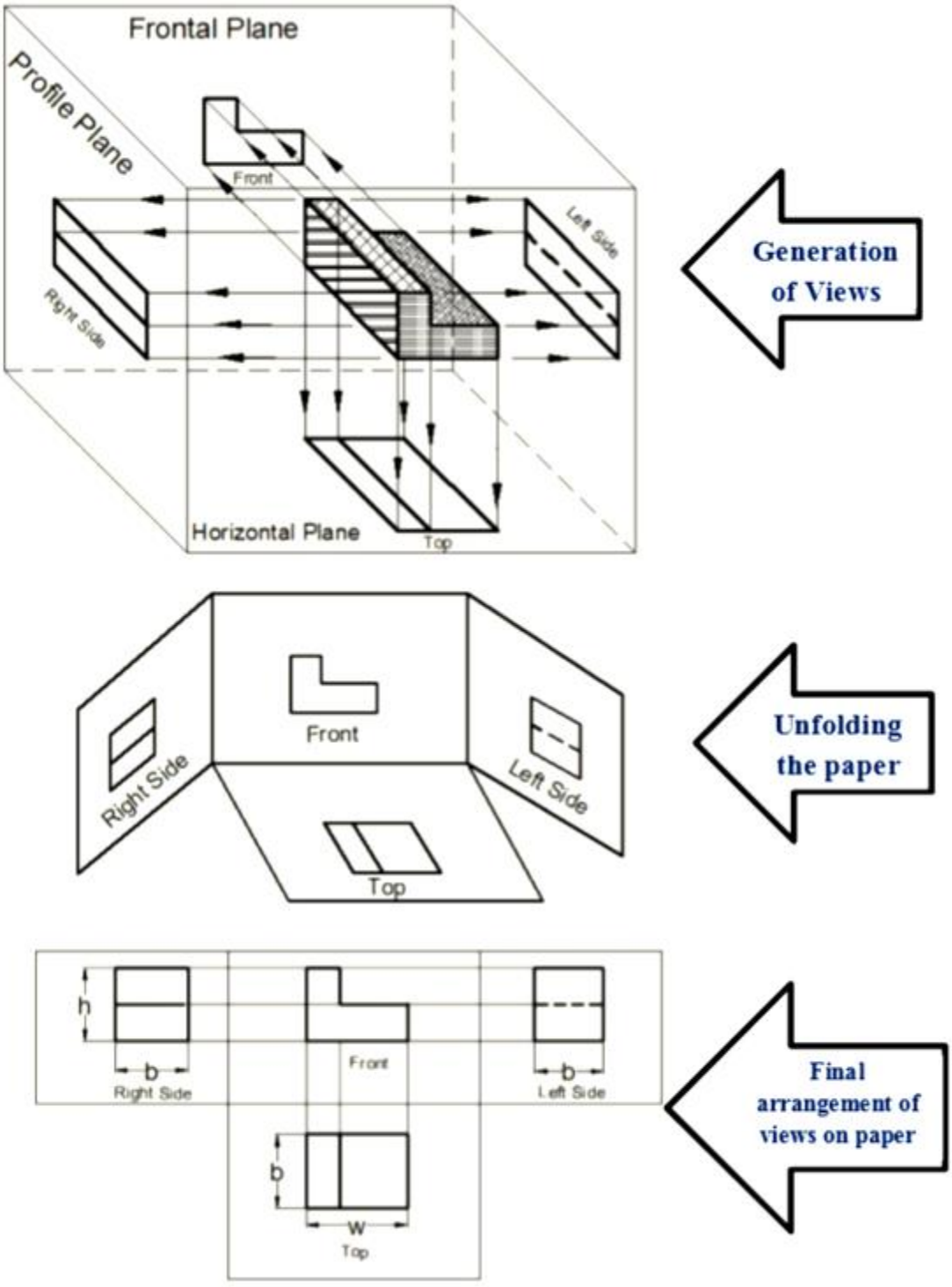
เป็น 1H เมื่อมันตัดกับระนาบด้านหน้า (ระนาบด้านหน้าของการฉายภาพ) จะถูกระบุว่าเป็น 1F และที่มันตัดระนาบด้านขวาของ การฉายภาพ จะเรียกว่า 1P ดังแสดงในรูปที่ 5.19



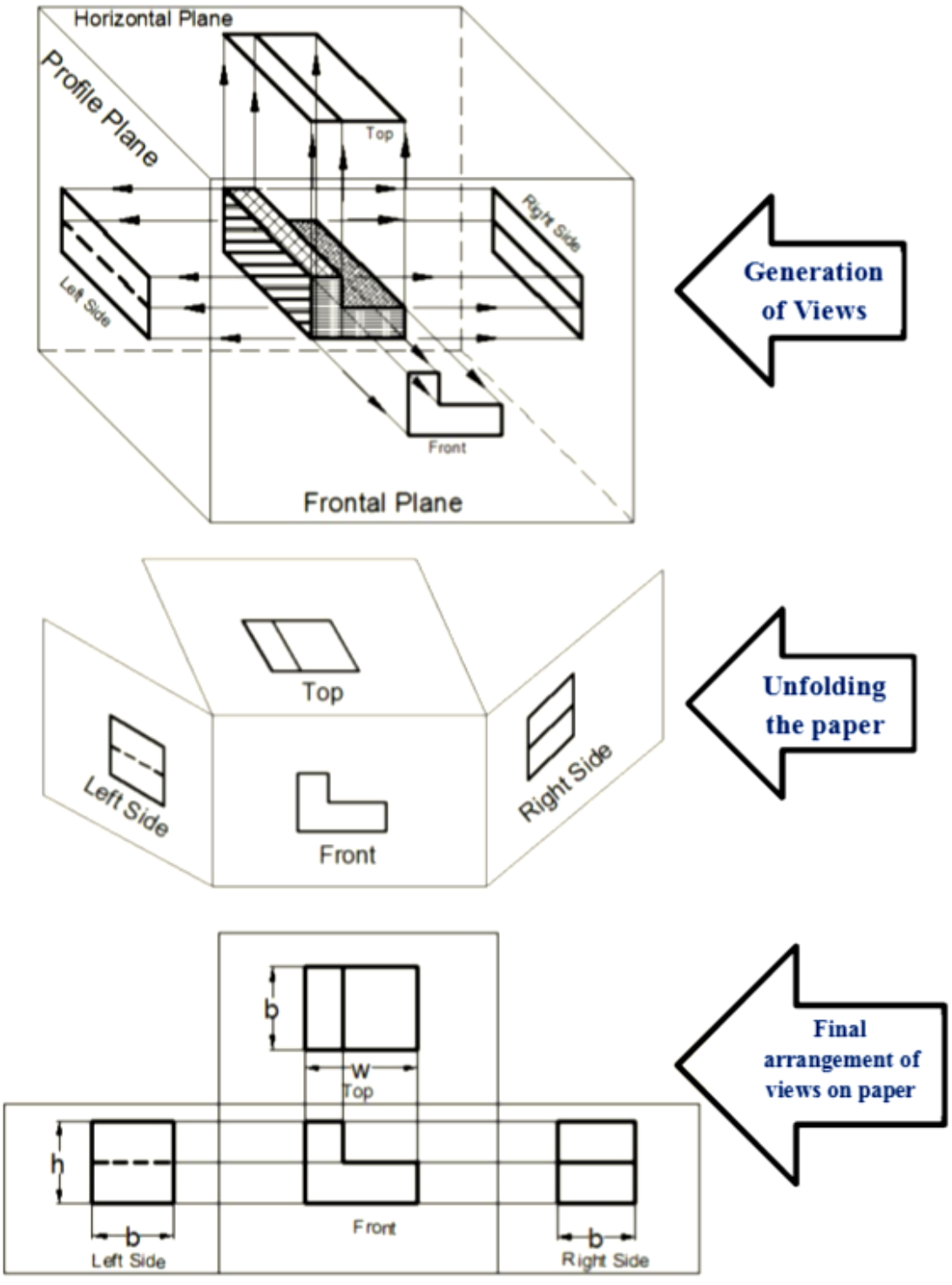
รูปที่ 5.18 การฉายจุดขึ้นบนระนาบการฉายในวิธี Glass Box (Md. Roknuzzaman, 2017)



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



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



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

5.5.6 มุมมอง 6 ด้านของวัตถุ (Six views of an Object)

องค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการของระบบการฉายภาพ คือ

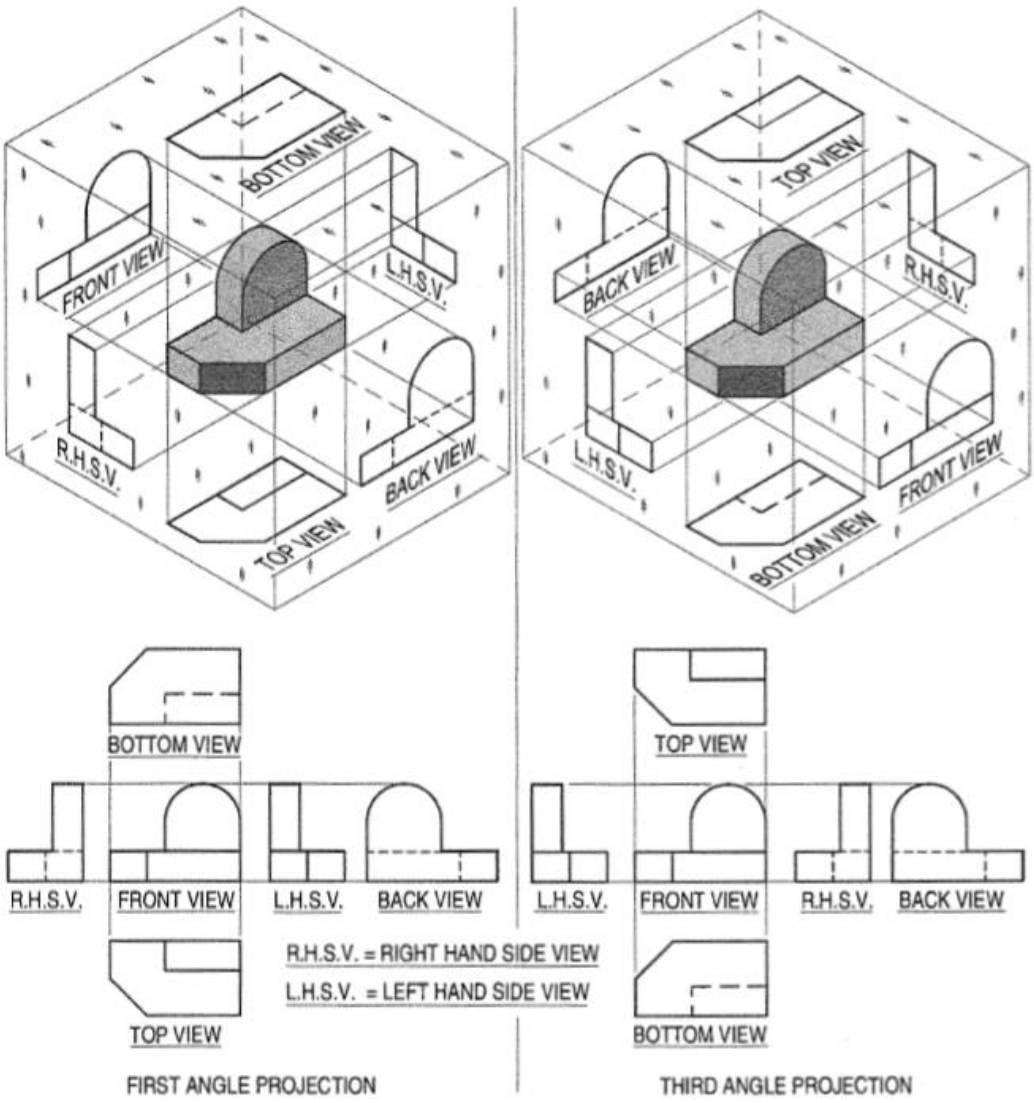
- วัตถุ (Object)
- ระนาบการฉาย (Plane)

- ผู้สังเกต (Observe)

บ่อยครั้งที่มุมมองสองด้านไม่เพียงพอที่จะอธิบายวัตถุได้อย่างสมบูรณ์ ระนาบของการฉายเป็นจินตภาพหลังจาก ได้รับมุมมอง 6 มุมมอง ซึ่งได้แก่

- มุมมองด้านหน้า (Front view)
- มุมมองด้านบน (Top view)
- มุมมองด้านซ้ายมือ (Left hand side view, L.H.S.V)
- มุมมองด้านขวา (Right hand side view, R.H.S.V)
- มุมมองด้านหลัง (Back view)
- มุมมองด้านล่าง (Bottom view)

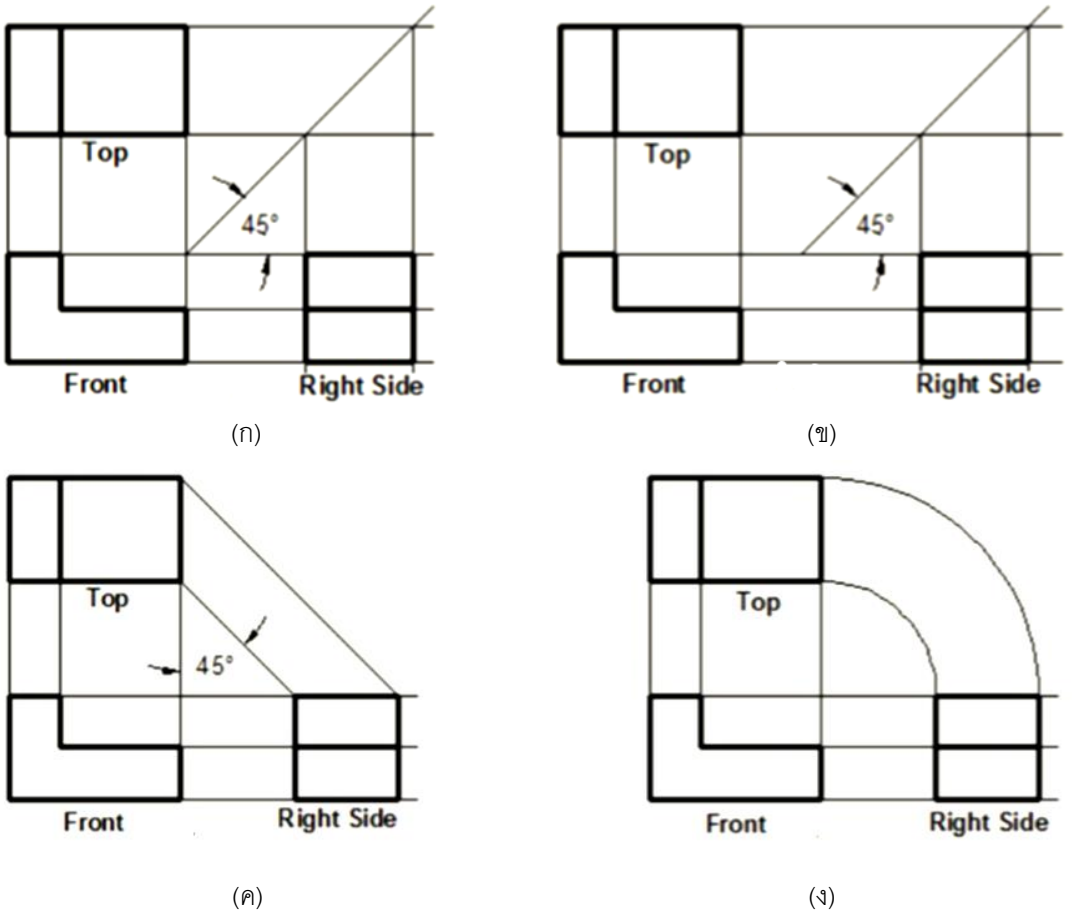
การฉายภาพเหล่านี้จะถูกฉายบนระนาบที่เกี่ยวข้องด้วยวิธีการฉายภาพมุมที่ 1 และมุมฉายภาพมุมที่ 3 (ดังแสดงในรูปที่ 5.22) โดยปกติเพียงมุมมองสองมุมมอง คือ มุมมองด้านหน้า และมุมมองด้านบนจะต้องเขียนขึ้น และอีกสองมุมมอง คือ L.H.S.V. หรือ R.H.S.V. อาจจำเป็นถ้าต้องอธิบายวัตถุอย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้ในกรณีพิเศษเมื่อวัตถุมีลักษณะที่ซับซ้อนมาก มุมมองที่ 5 หรือ 6 อาจจำเป็นต้องเขียนเช่นเดียวกัน



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

5.6 วิธีการเขียนภาพฉายหลายด้าน (Methods of projecting multi-views)

มีหลายวิธีในการฉายมุมมองในการฉายภาพแบบ Orthographic ในการฉายภาพมีความสัมพันธ์ของมุมมองที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปจะเริ่มต้นจากมุมมองด้านหน้าก่อนจากนั้นมุมมองด้านบนและด้านข้างจะถูกเขียนจากเส้นต่อแนวตั้งและแนวนอนจากมุมมองด้านหน้าและมุมมองด้านบน สามารถทำได้โดยใช้ไม้ที, ไม้บรรทัดสามเหลี่ยม และ วงเวียน (สำหรับวิธีการตามรูปที่ 5.23(ก) เท่านั้นที่ต้องใช้เข็มทิศ) ดังแสดงในรูปที่ 5.23



รูปที่ 5.23 วิธีการฉายมุมมองในการฉายภาพแบบ Orthographic (Md. Roknuzzaman, 2017)

ระยะห่างระหว่างมุมมองในกรณีที่รูปที่ 5.14(ก) จะเท่ากัน ในกรณีที่รูป 5.14 (ข) ระยะห่างระหว่างมุมมองด้านหน้าและด้านขวานั้นจะกว้างกว่ามุมมองด้านหน้าและด้านบน ระยะห่างระหว่างมุมมองจะต้องมีการพิจารณาหรือตัดสินใจล่วงหน้า อย่างไรก็ตามระยะห่างระหว่างมุมมองขึ้นอยู่กับพื้นที่สำหรับการเขียนแบบ ชื่อมุมมอง และบันทึกย่อ ฯลฯ โดยควรมีพื้นที่เพียงพอเพื่อให้มีมิติเพื่อหลีกเลี่ยงความแออัดและควรหลีกเลี่ยงพื้นที่มากเกินไป โดยทั่วไปจำเป็นต้องมีการเว้นวรรค 30 มม. - 40 มม.

ขั้นตอนสำหรับการฉายมุมมองด้วยวิธีเส้นทแยงมุมของการฉายมุมที่ 3 ขั้นตอน (ดังแสดงในรูปที่ 5.24 และรูปที่ 5.25) ดังนี้

(1) วาดมุมมองด้านหน้าบนกระดาษเขียนแบบ

(2) ต่อเส้นฉายภาพขึ้นในแนวตั้งจากทุกมุมมองด้านหน้าทั้งหมดที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

(3) วาดมุมมองด้านบนตามรูปร่างของวัตถุภายในขอบเขตที่ล้อมรอบด้วยเส้นแนวตั้งที่ฉายจากด้านหน้า

(4) ฉายเส้นแนวนอนจากทุกมุมมองด้านหน้าทั้งหมดที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

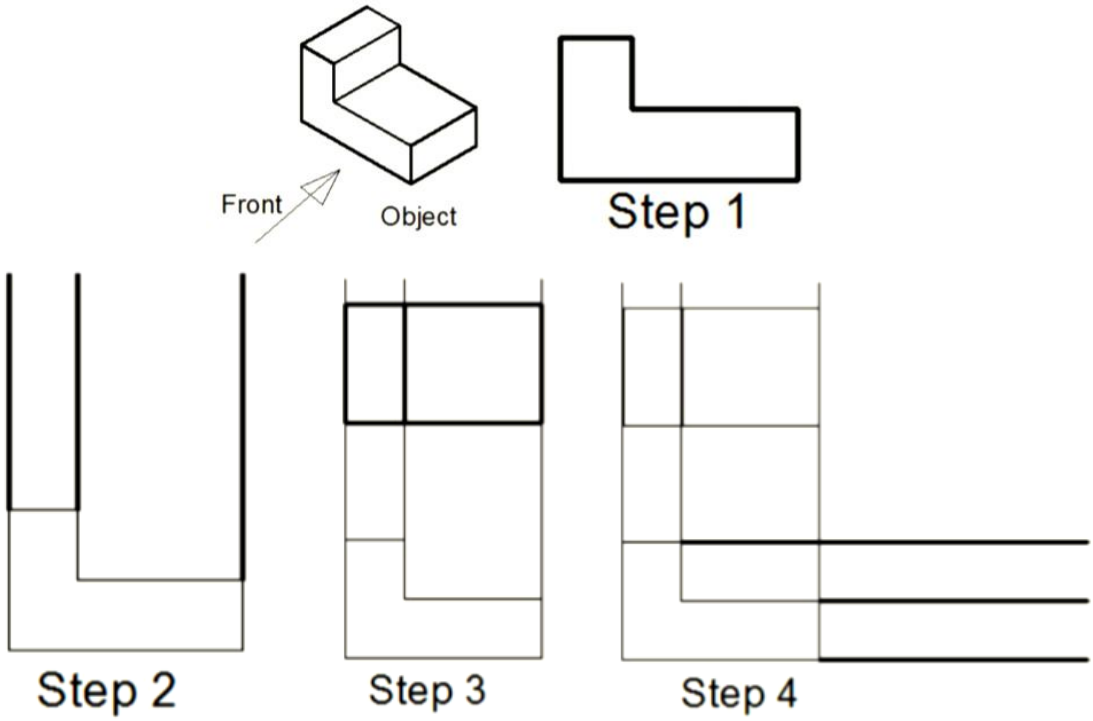
(5) วาดเส้นทแยงมุม (เส้นที่มุม 45^{O} กับแนวนอน) โดยใช้ไม้บรรทัดสามเหลี่ยม ตำแหน่งของบรรทัดนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของระยะห่างระหว่างมุมมองด้านข้างและมุมมองด้านหน้า หากจำเป็นต้องเว้นระยะห่างเท่ากันเส้นควรอยู่ที่มุมของมุมมองด้านหน้า

(6) ฉายเส้นแนวนอนไปยังเส้นทแยงมุมจากทุกจุดของมุมมองด้านบนที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เส้นเหล่านี้จะตัดเส้นแนวทแยง

(7) จากทุกจุดของการตัดกันวาดเส้นตั้งฉากไปยังเส้นฉายแนวนอนที่ลากมาจากมุมมองด้านหน้า

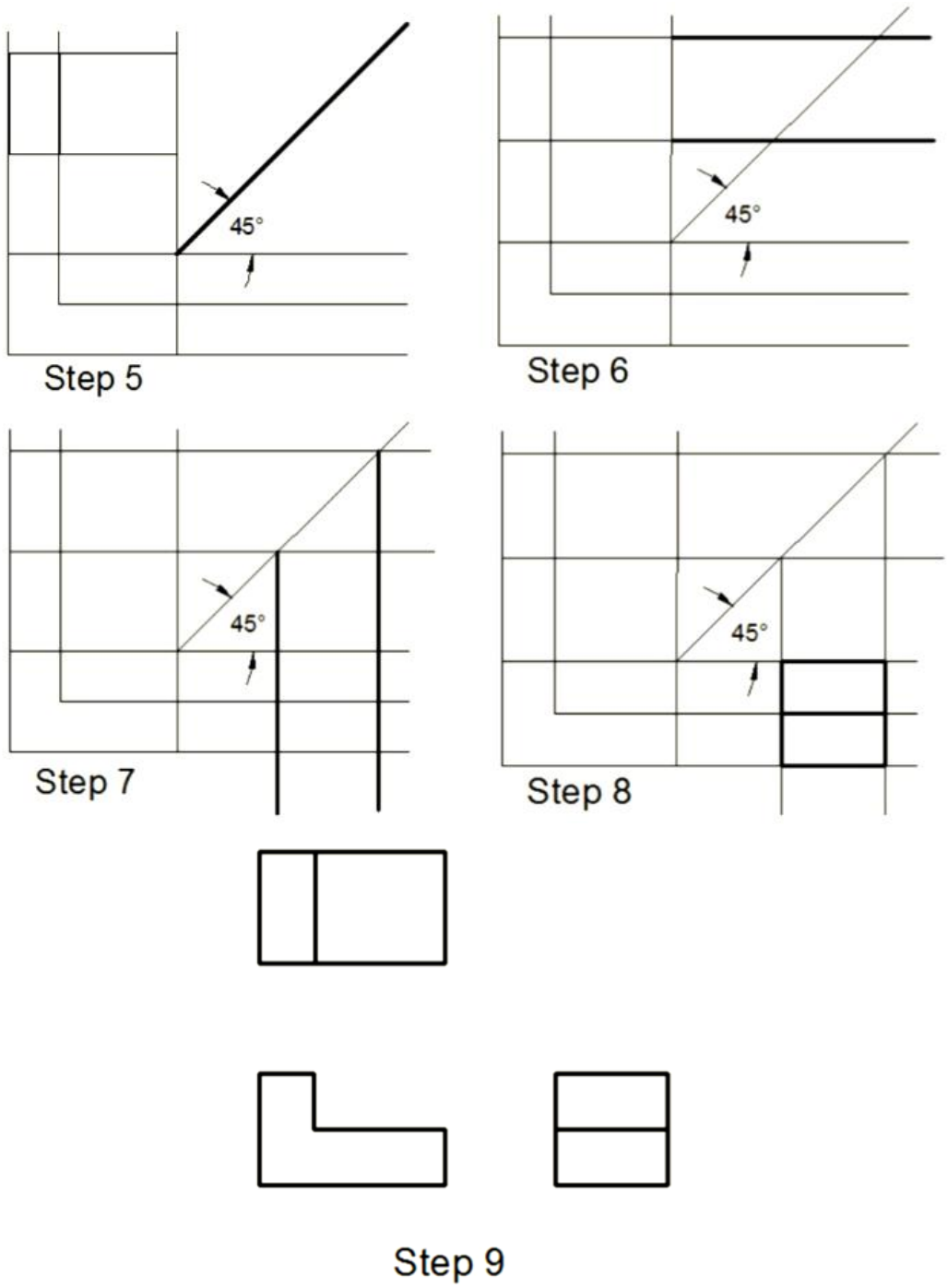
(8) พื้นที่สำหรับมุมมองด้านข้าง (ซ้ายหรือขวา) จะถูกล้อมรอบ วาดรูปร่างของมุมมองซ้าย/ขวา

(9) ลบเส้นที่ไม่จำเป็นออกและทำรูปให้สมบูรณ์



รูปที่ 5.24 ขั้นตอนสำหรับการฉายมุมมองด้วยวิธีเส้นทแยงมุม ขั้นตอนที่ 1-4

(Md. Roknuzzaman, 2017)



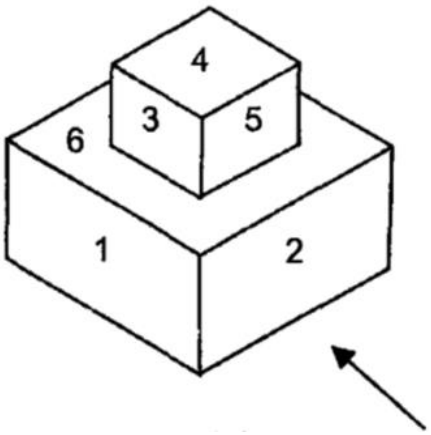
รูปที่ 5.25 ขั้นตอนสำหรับการฉายมุมมองด้วยวิธีเส้นทแยงมุม ขั้นตอนที่ 5-9

(Md. Roknuzzaman, 2017)

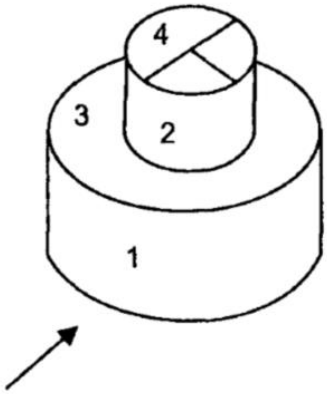
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5

(1) จงเขียนภาพฉาย 3 ด้านจากรูปสามมิติต่อไปนี้

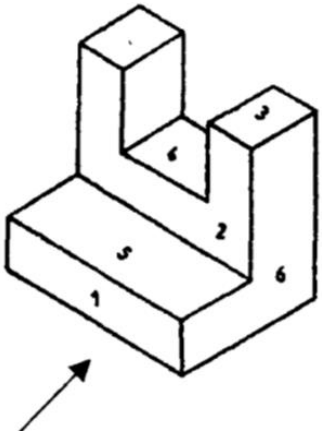
(a)



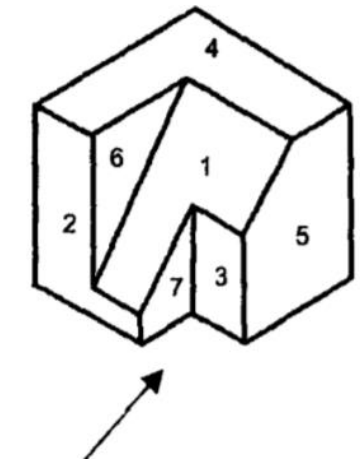
(b)



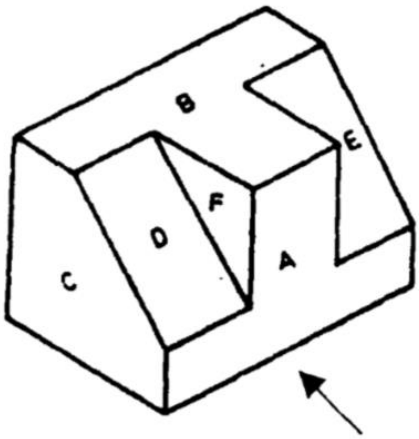
(c)



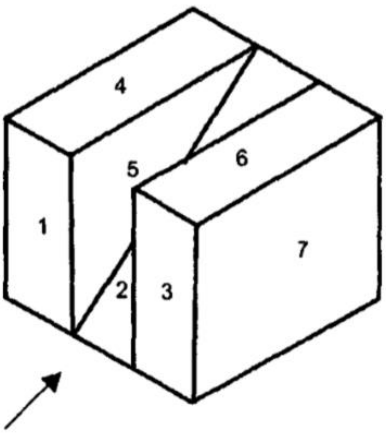
(d)



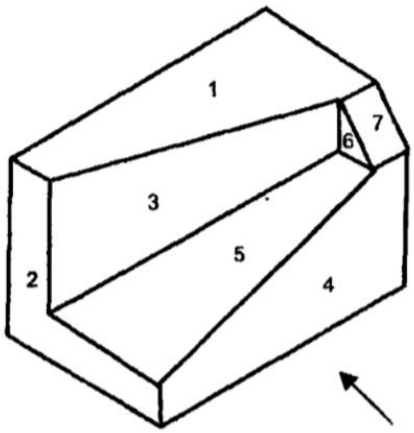
(e)



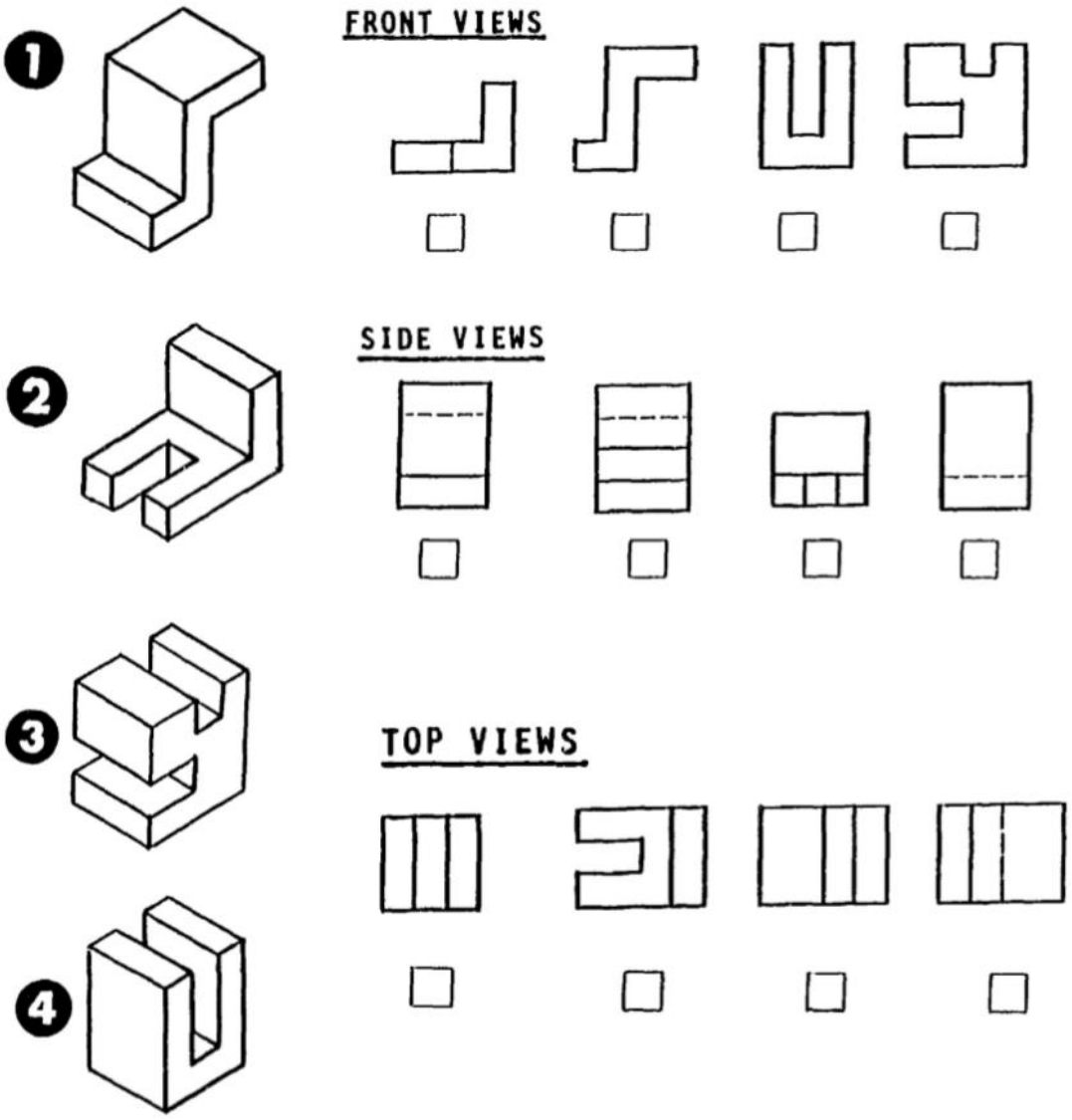
(f)



(g)

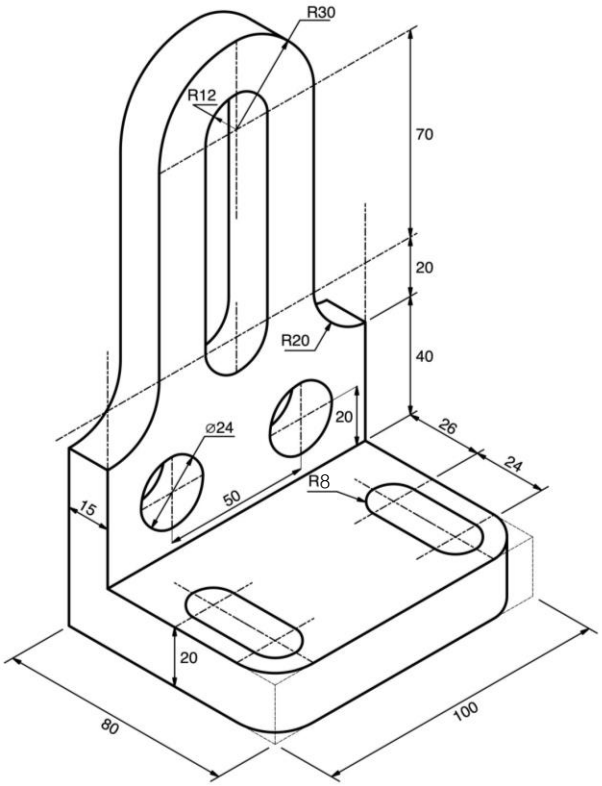


(2) จงจับคู่และเขียนหมายเลขภาพที่เหมาะสมในช่องสี่เหลียมที่กำหนดให้

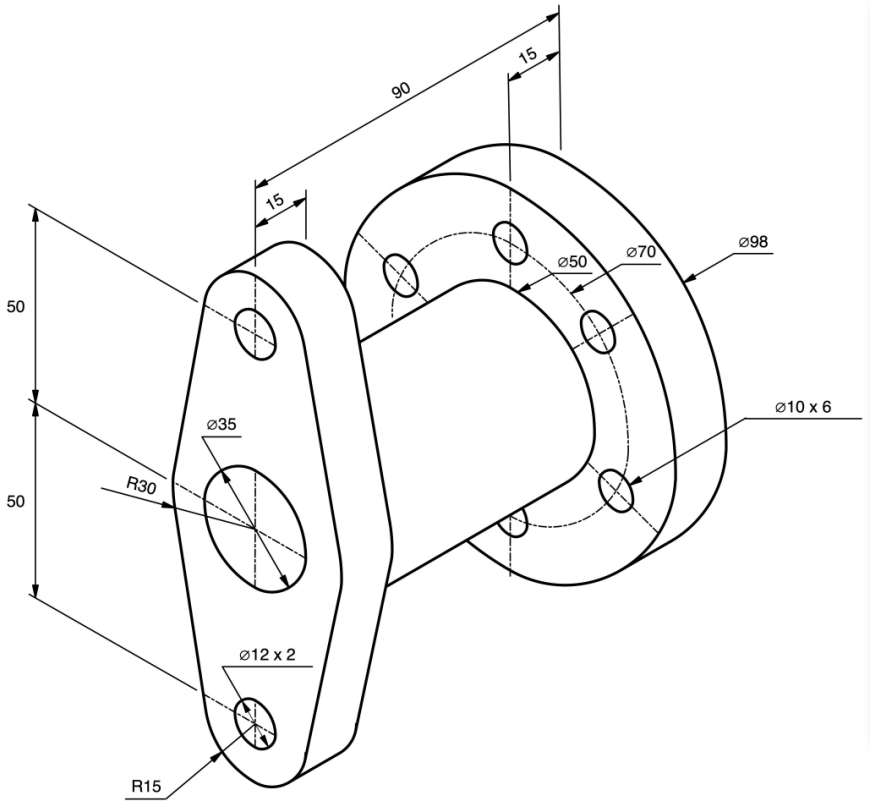


(3) จงเขียนภาพฉาย Orthographic 3 ด้าน (Multi-view) จากรูปสามมิติต่อไปนี้

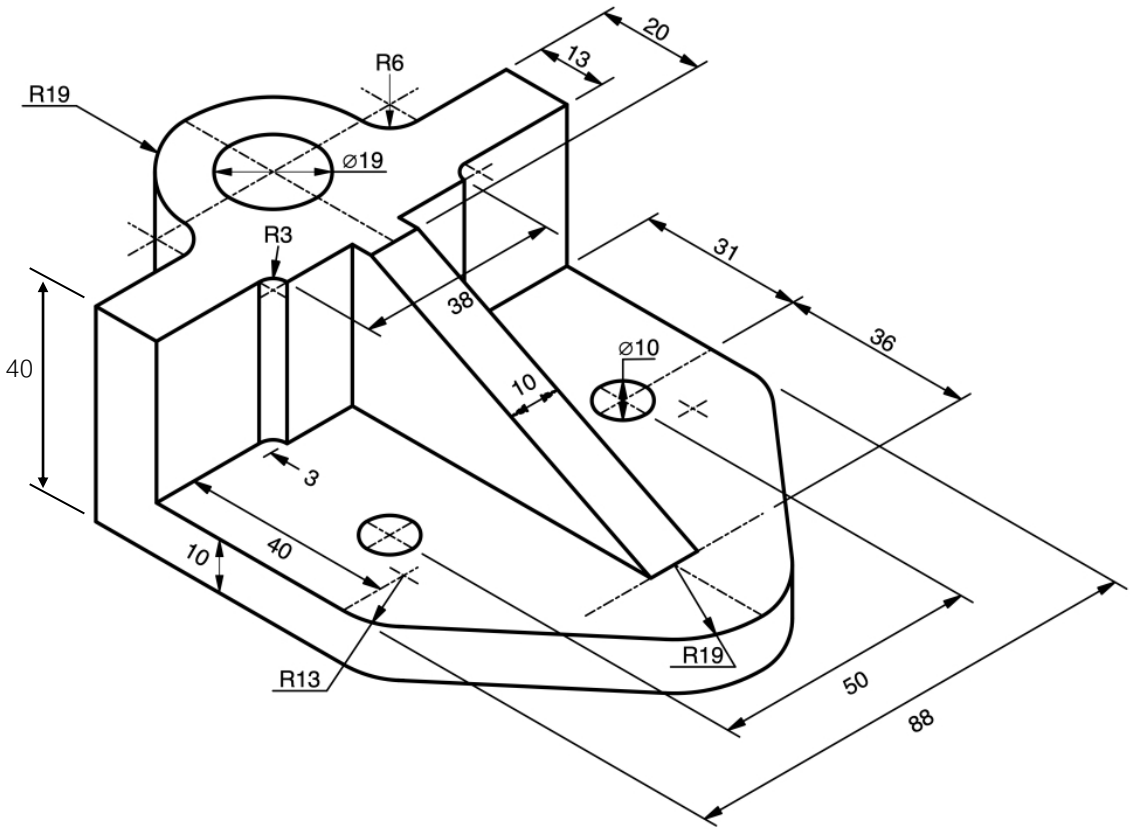
(a)



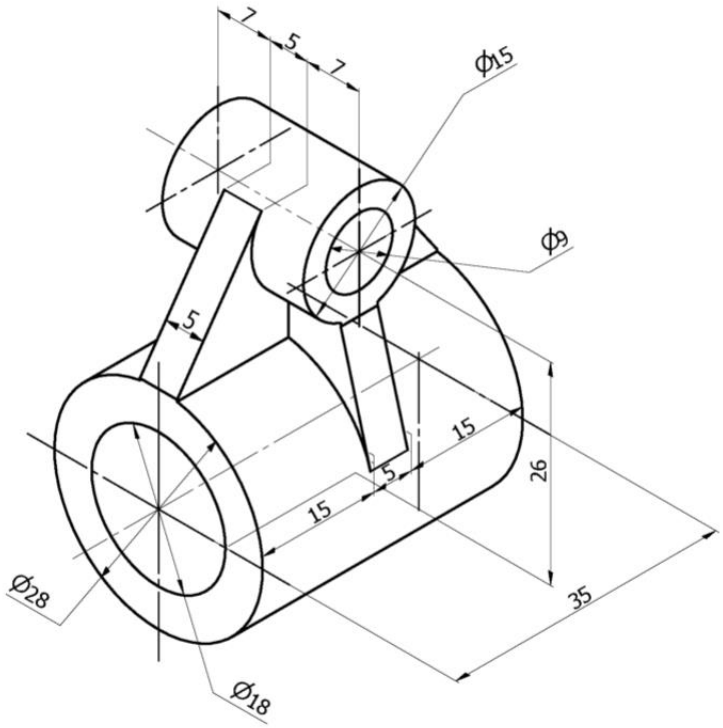
(b)



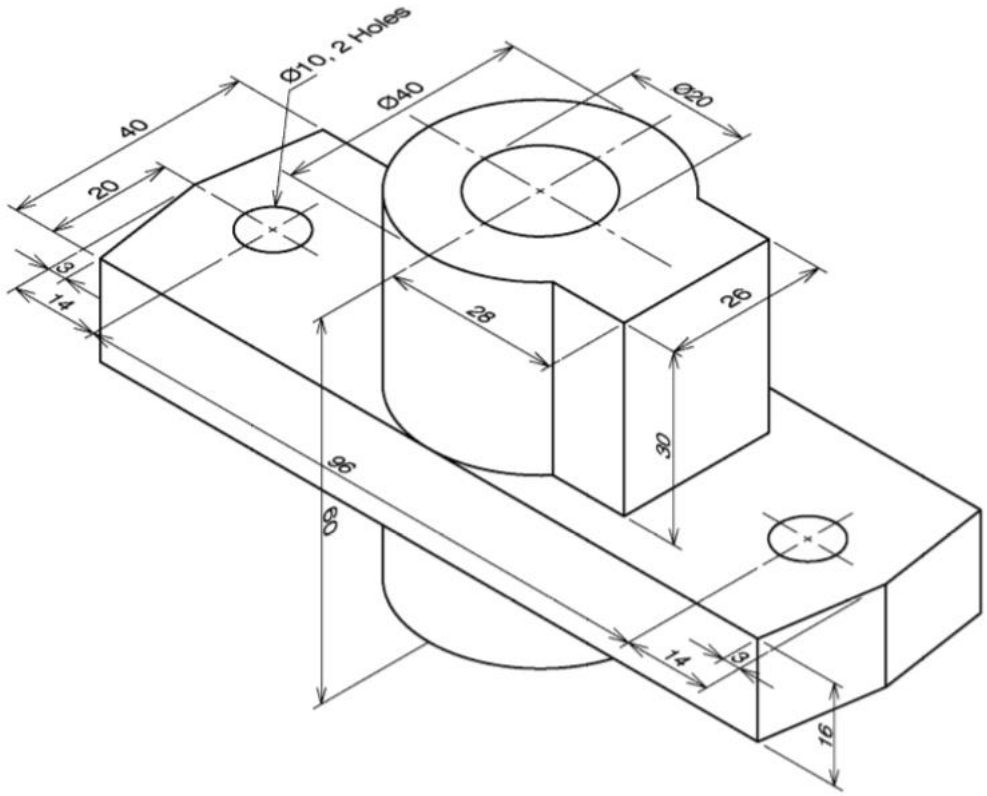
(c)


20
13
R6
R19
⌀19
R3
31
38
36
40
⌀10
10
3
10
40
R19
50
R13
88

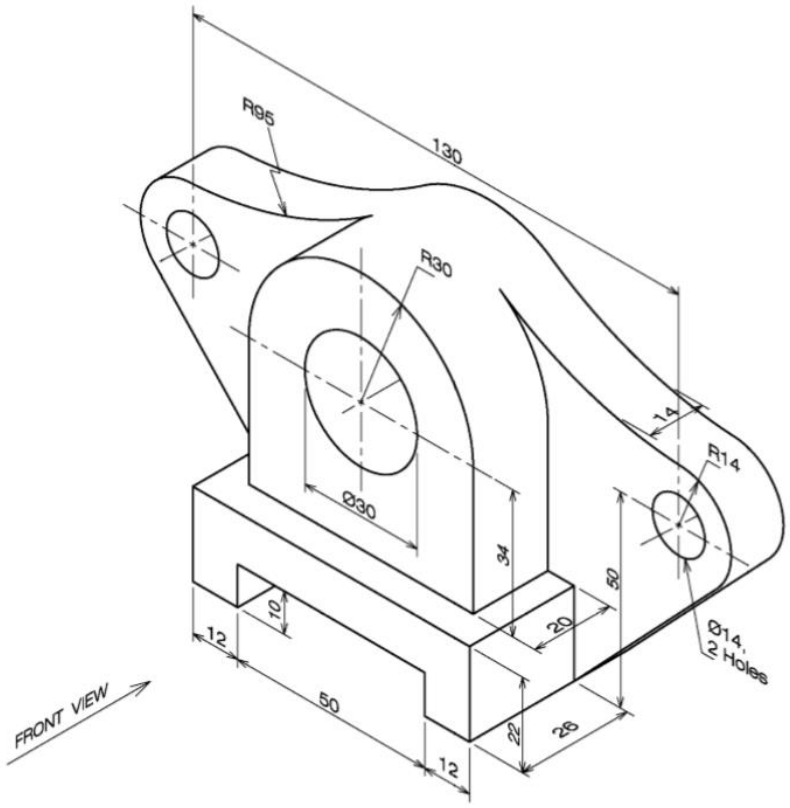
(d)


7
5
7
ϕ15
ϕ9
5
15
5
26
15
35
Ø28
Ø18

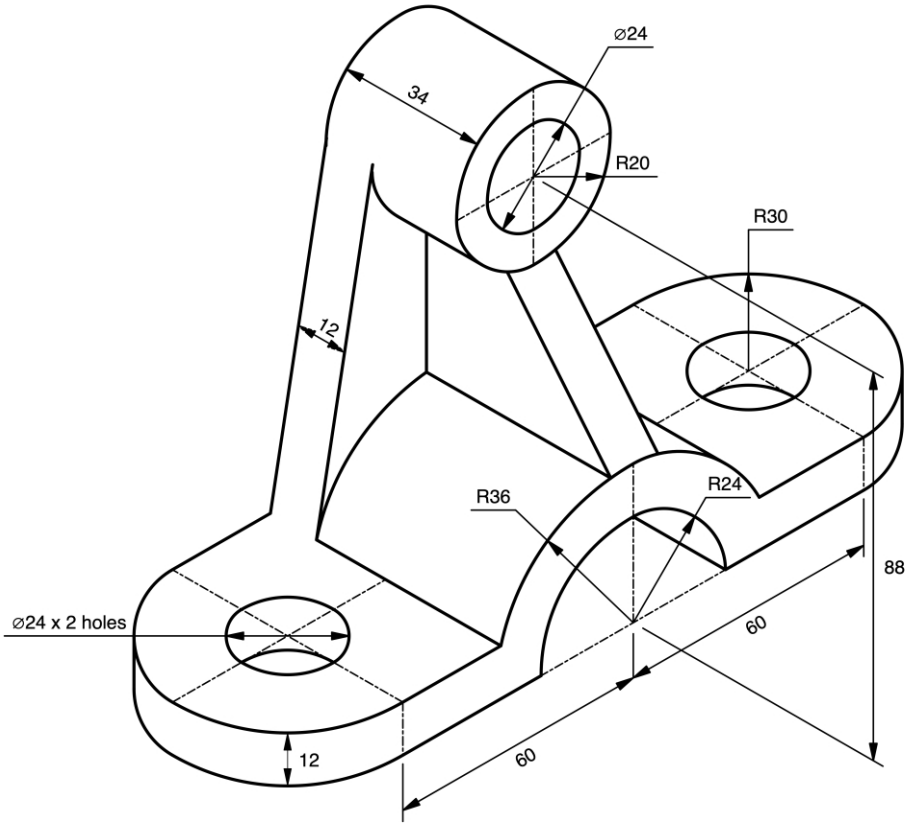
(e)


Ø10, 2 Holes
Ø40
Ø20
40
20
3
14
28
26
30
96
80
14
3
16

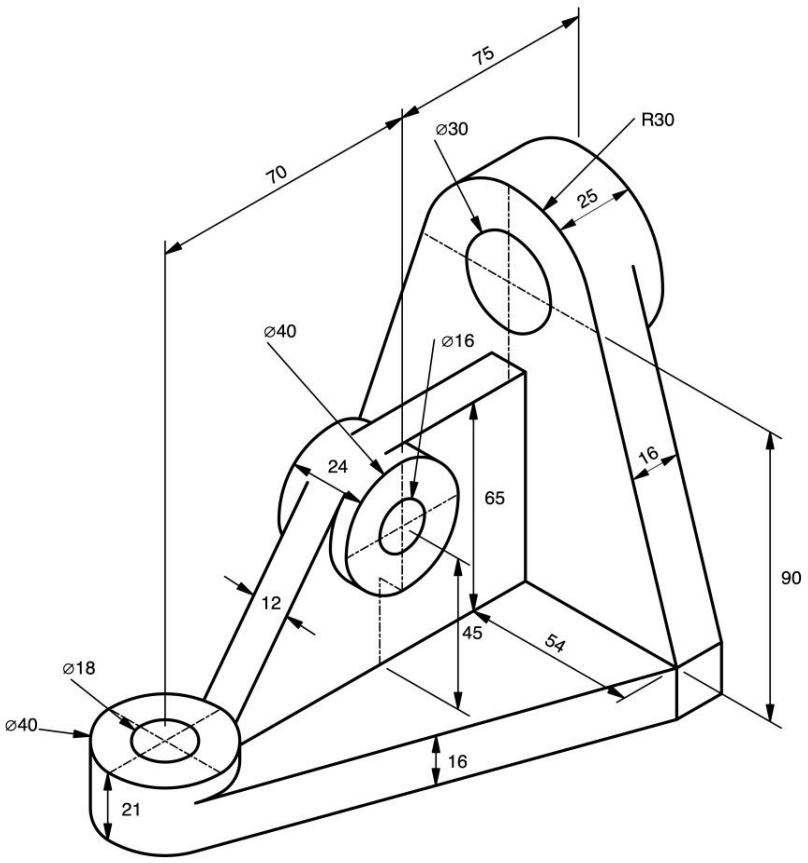
(f)


R95
130
R30
14
R14
Ø30
34
50
10
12
20
Ø14, 2 Holes
50
22
28
12
FRONT VIEW

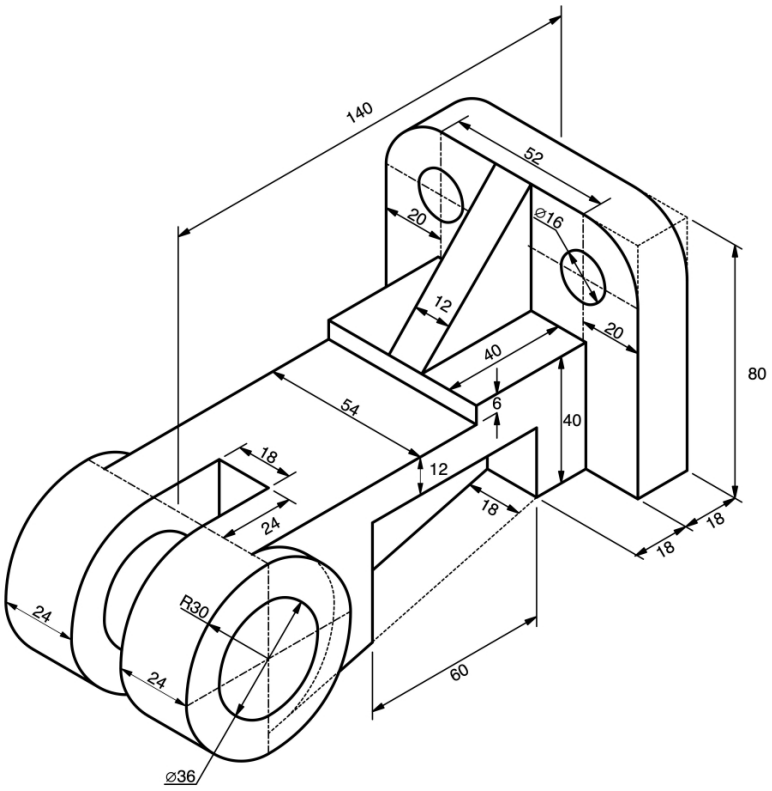
(g)


⌀24
34
R20
R30
12
R36
R24
88
⌀24 x 2 holes
60
12
60

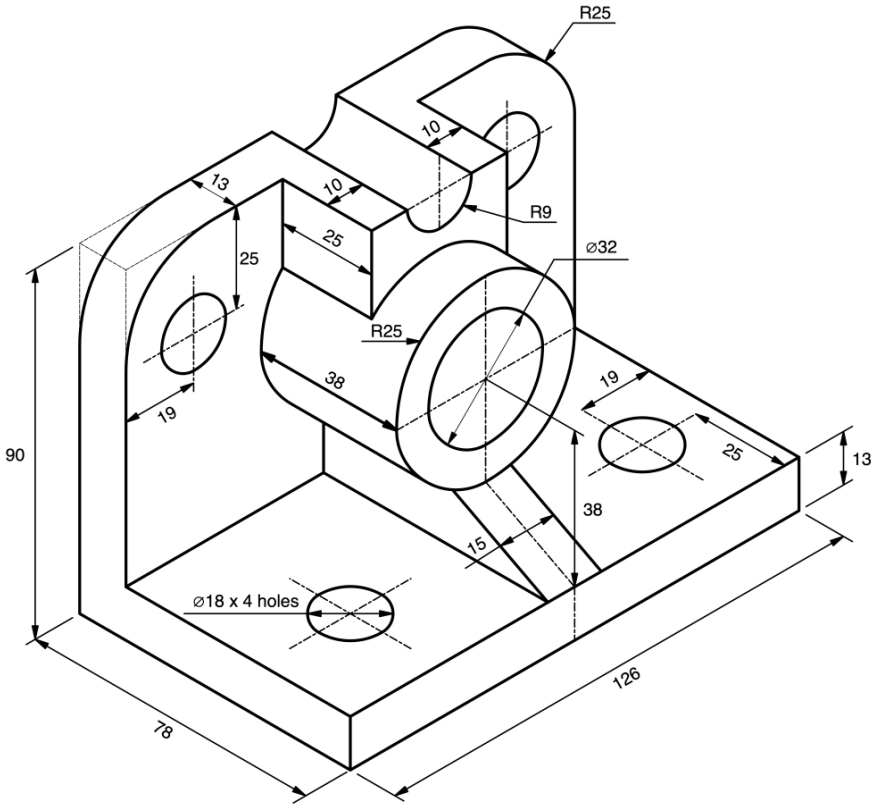
(h)


75
70
⌀30
R30
25
⌀40
⌀16
24
65
16
90
12
45
54
⌀18
⌀40
16
21

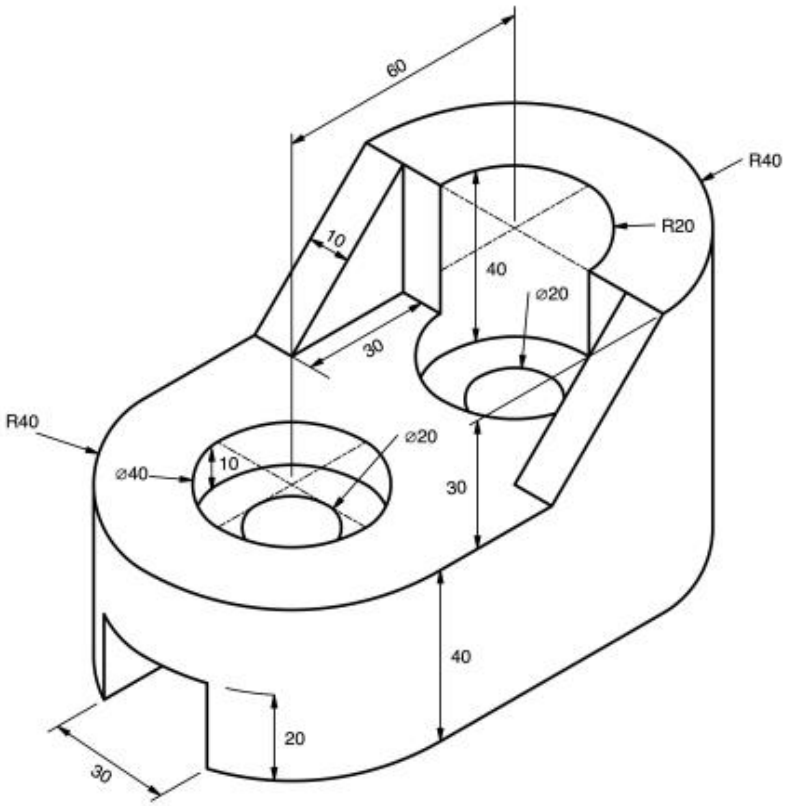
(i)


140
52
20
⌀16
12
20
40
80
6
40
54
18
12
24
18
18
18
24
R30
24
60
⌀36

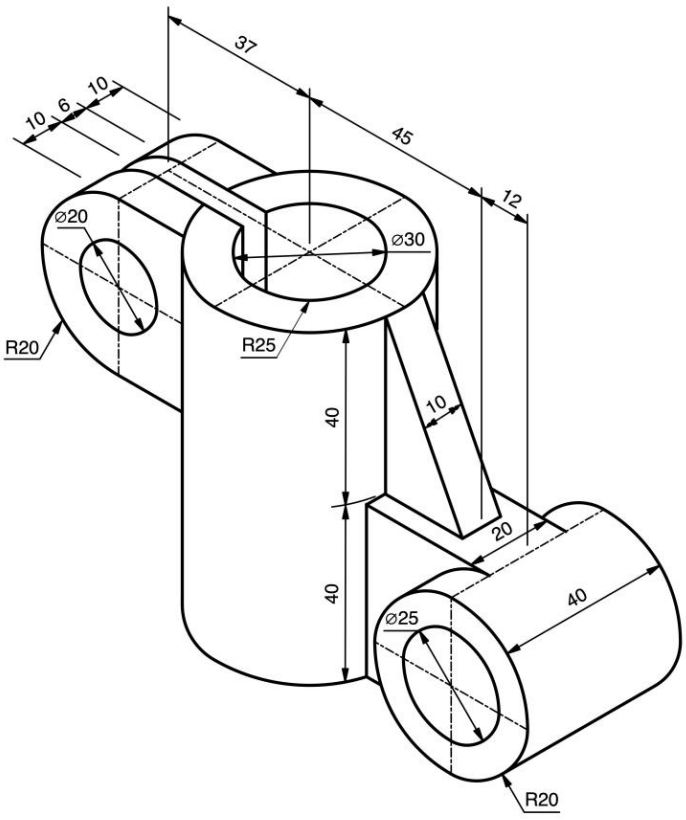
(j)


R25
10
13
10
R9
25
25
⌀32
R25
38
19
19
25
90
13
38
15
⌀18 x 4 holes
126
78

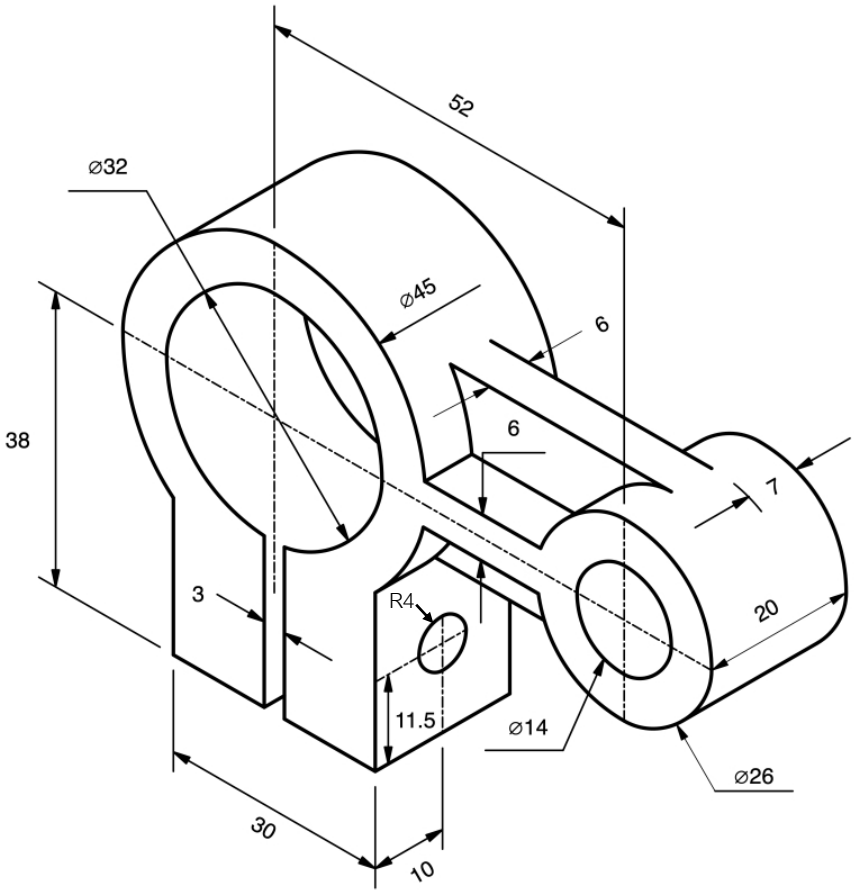
(k)


60
R40
R20
10
40
⌀20
30
R40
⌀20
⌀40
10
30
40
20
30

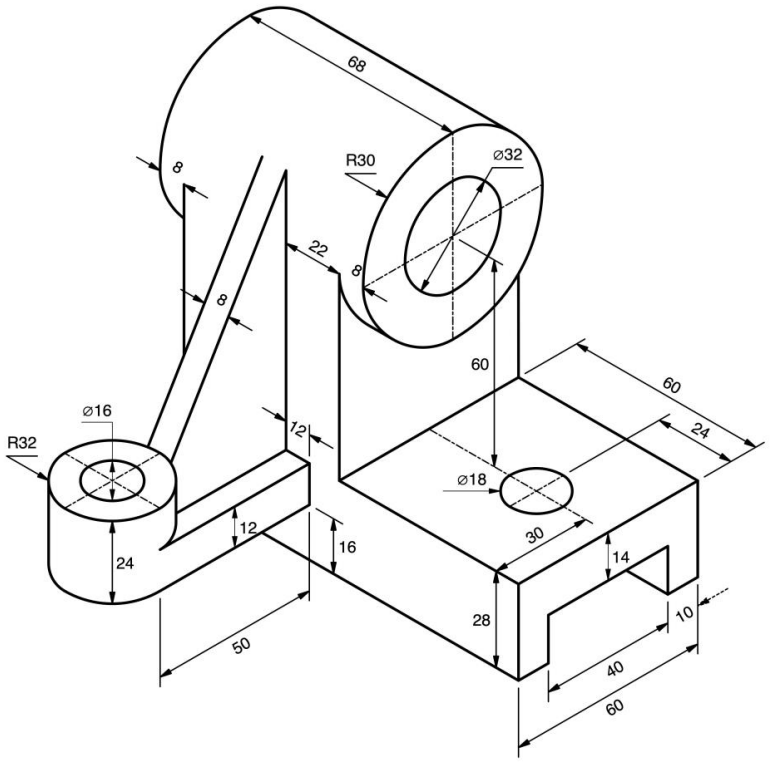
(l)


37
10
6
10
45
12
⌀20
⌀30
R20
R25
40
10
20
40
40
⌀25
R20

(m)


52
⌀32
⌀45
6
6
7
38
3
R4
20
11.5
⌀14
⌀26
30
10

(n)

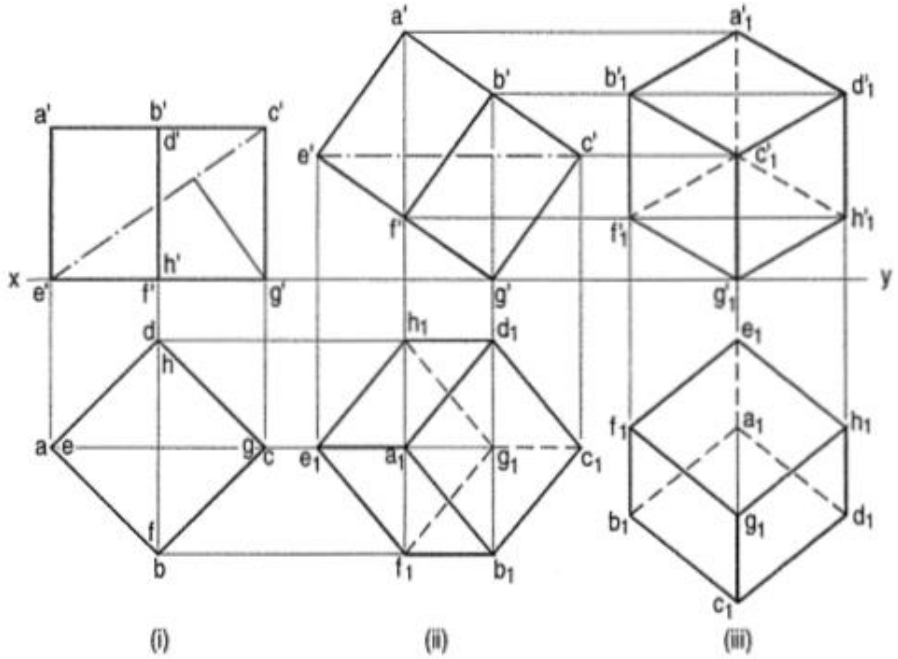

68
8
R30
⌀32
22
8
8
60
60
⌀16
12
24
R32
⌀18
12
16
30
14
24
28
10
50
40
60

บทที่ 6
การเขียนภาพ Pictorial

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 5 การฉายภาพ Pictorial เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งเป็นตัวแทนของวัตถุด้วยมุมมองภาพที่เหมือนดั่งตาเห็น ในวิธีการนี้เป็นการฉายภาพวัตถุสามมิติ (3 Dimension) โดยจะถูกนำเสนอบนระนาบการฉายภาพด้วยมุมมองเดียวเท่านั้น ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการเขียนภาพ Isometric, Oblique และ Perspective (เบื้องต้น) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

6.1 ภาพฉายแบบ Isometric (Isometric projection)

การฉายภาพ Isometric เป็นรูปแบบหนึ่งของการฉายภาพวัตถุแข็งสามมิติ ซึ่งไม่เพียงแต่แสดงภาพในมุมมองเดียว ยังสามารถวัดขนาดจริงได้โดยตรงหากสมมติให้วัตถุเป็นทรงลูกบาศก์วางไว้ที่มุมใดมุมหนึ่งบนพื้นดินโดยมีเส้นทแยงมุมตั้งฉากกับ V.P. มุมมองด้านหน้าคือ มุมที่มีมิติเท่ากันของลูกบาศก์ ดังแสดงในรูปที่ 6.1

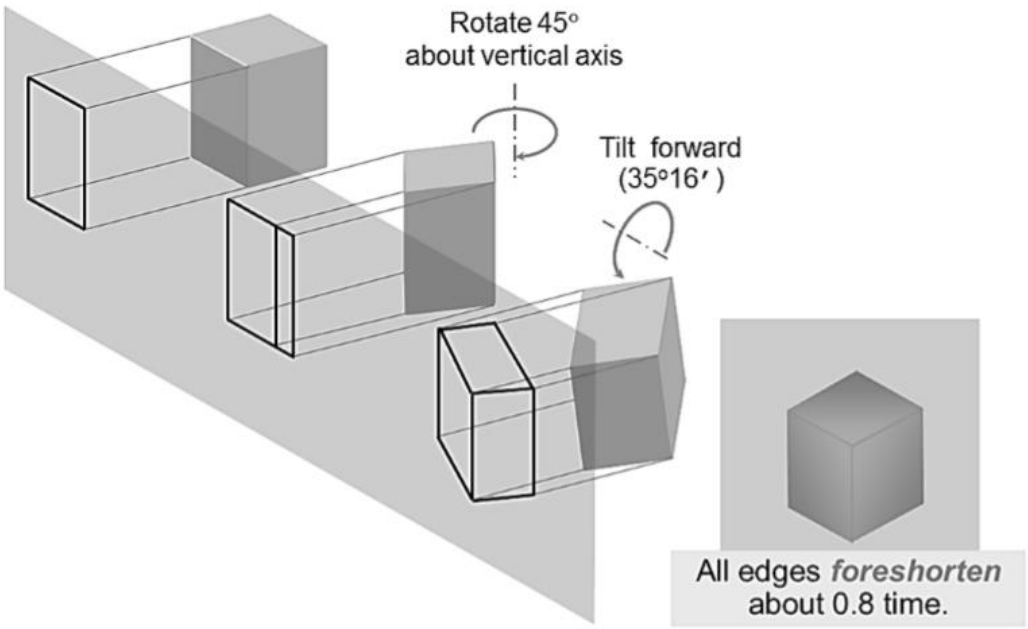


รูปที่ 6.1 หลักการสร้างภาพ Isometric (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.1.1 หลักการฉายภาพ Isometric (Principle of Isometric Projection)

การฉายภาพ Isometric คือ การฉายภาพ Orthographic แต่เป็นการได้มาในลักษณะที่แกนหลักทั้งหมดถูกฉายในมุมมองเดียวกันโดยลดความยาวลงในสัดส่วนเดียวกัน วัตถุจะ

ถูกวางไว้เพื่อให้แกนหลักเอียงไปทางระนาบของการฉาย กล่าวอีกนัยหนึ่งมุมมองด้านหน้าของลูกบาศก์ที่วางอยู่ที่มุมใดมุมหนึ่ง คือ การฉายภาพ Isometric ของลูกบาศก์ (ดังที่แสดงในรูปที่ 6.2) เมื่อเปรียบเทียบกับการฉายภาพแบบ Orthographic วัตถุจะถูกหมุนด้วย 45^{O} ด้านหน้าของมันจากนั้นเอียงไปข้างหน้าหรือข้างหลังด้วยมุม $35^{O}16'$ จากนั้นมุมมองจะถูกวาดขึ้นมาและนั่นคือมุมมองภาพ Isometric แต่เมื่อวัตถุถูกเอียงความยาวทั้งหมดที่ฉายบนระนาบจะสั้นลง และทำให้วัตถุนั้นถูกทำให้สั้นลงในการฉายภาพ Isometric ด้วยเช่นกัน

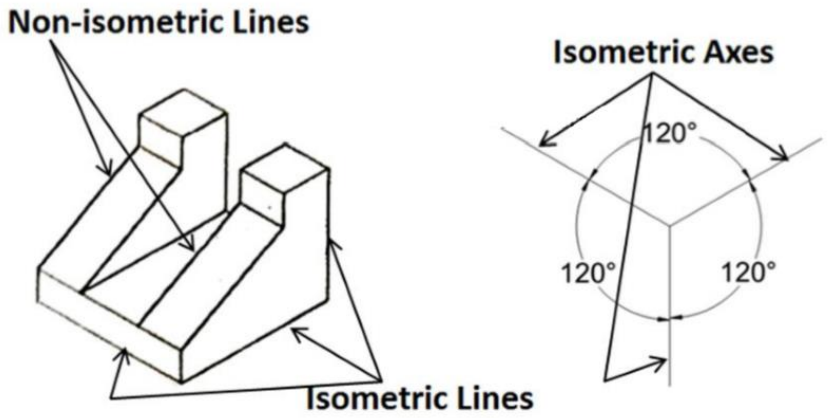


รูปที่ 6.2 ตำแหน่งของวัตถุในการฉายภาพ Isometric (Md. Roknuzzaman, 2017)

6.1.2 **แนวเส้นในการฉายภาพ** Isometric (Lines in Isometric Projection)

กฎสำหรับการนำเสนอแนวเส้นในการฉายภาพ Isometric ดังนี้

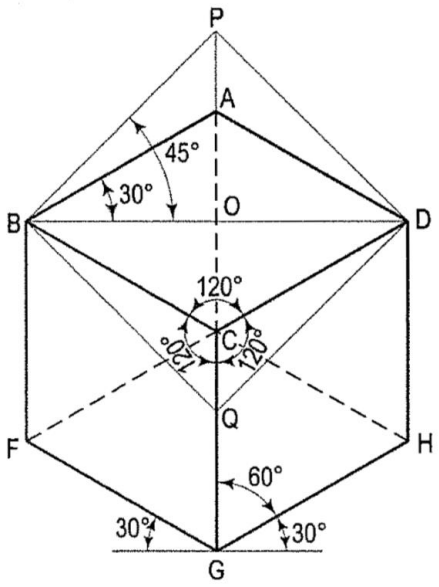
- เส้นที่ขนานกันบนวัตถุนั้นจะขนานกับแนวในการฉายภาพ Isometric
- เส้นแนวตั้งบนวัตถุจะปรากฏเป็นแนวตั้งในแนวฉายภาพ Isometric
- เส้นแนวนอนบนวัตถุถูกวาดที่มุม 30° กับแนวนอนในการฉายภาพ Isometric
- เส้นขนานกับแกนภาพ Isometric เรียกว่า “Isometric line” จะถูกย่อให้เหลือ 82% (ดังแสดงในรูปที่ 6.3)
- เส้นที่ไม่ขนานกับแกนภาพ Isometric ใดๆ 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)

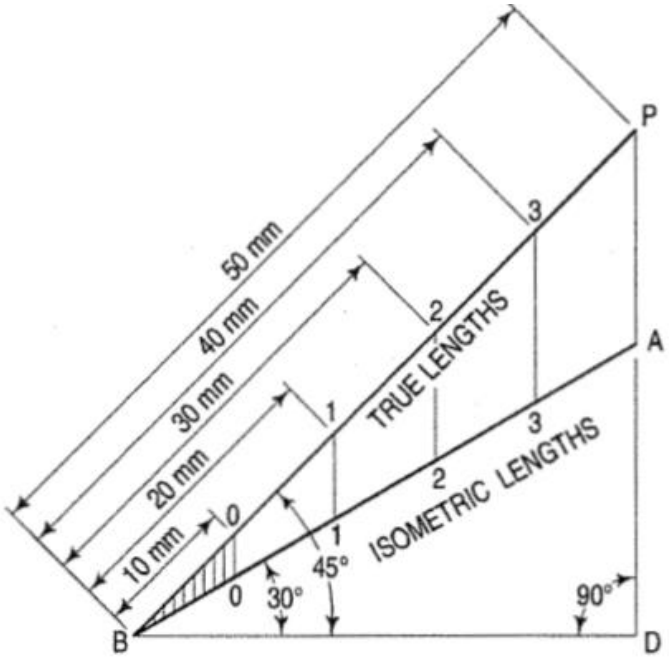
เมื่อขอบทั้งหมดของลูกบาศก์ถูกตัดทอนอย่างเท่ากัน รูปทรงสี่เหลี่ยมจึงถูกมองว่าเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนพิจารณา รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ABCD ซึ่งแสดงการฉายภาพ Isometric ของรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสบนของลูกบาศก์ โดย BO คือ ความยาวจริงของเส้นทแยงมุม สร้าง BQDP สี่เหลี่ยมรอบๆ BO เป็นเส้นทแยงมุม จากนั้น BP แสดงความยาวจริงของ BA ดังนั้นจะได้ความยาวของภาพฉาย Isometric เท่ากับ 0.815 ของระยะจริง ดังแสดงในรูปที่ 6.4



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

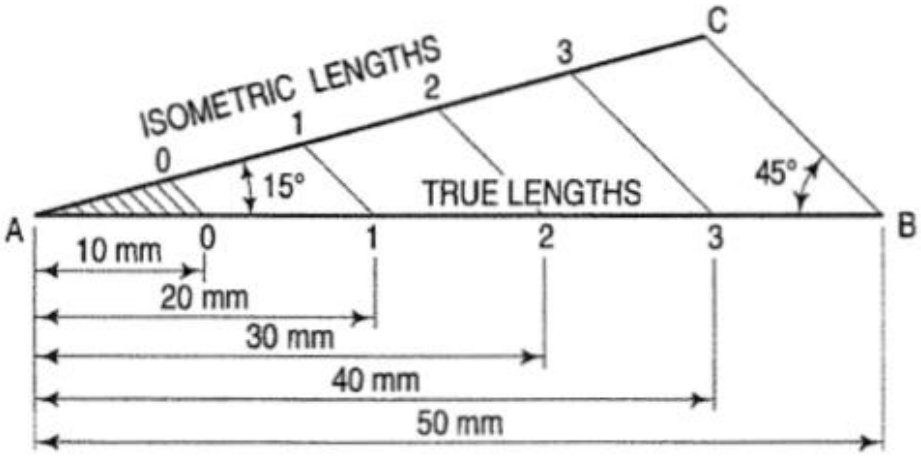
ดังนั้นในขณะที่วาดภาพการฉายภาพ Isometric จึงมีความจำเป็นต้องแปลงความยาวที่แท้จริงเป็นความยาวแบบภาพ Isometric สำหรับการวัดและการทำเครื่องหมายขนาด สามารถทำได้อย่างสะดวกโดยการใช้มาตราส่วนแบบ Isometric เมื่อวาดเส้นแนวนอน

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



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

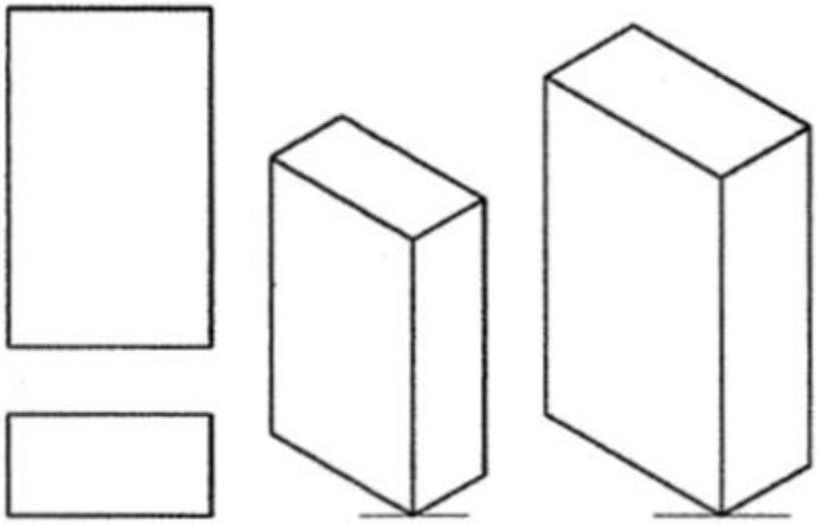
มาตราส่วน Isometric ข้างต้นนี้อาจถูกวาดด้วยส่วนของมาตราส่วนปกติบนเส้นแนวนอน AB (ดังแสดงในรูปที่ 6.6) ในปลายของจุด A และ B วาดเส้น AC และ BC ทำมุม 15° และมุม 45°กับ AB ตามลำดับและตัดกันที่ C



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

6.1.4 **การวาดภาพ** Isometric (Isometric drawing)

จากภาพฉาย Orthographic (ดังแสดงในรูปที่ 6.7(ก)) การย่อส่วนของเส้น Isometric line ในการฉายภาพ Isometric ดังมุมมองที่แสดงในรูปที่ 6.7(ค)) โดยจะมีรูปร่างเหมือนกัน แต่มีสัดส่วนมากกว่า (ประมาณ 22.5%) ที่ได้จากการใช้มาตราส่วนแบบ Isometric (ดังแสดงในรูปที่ 6.7(ข)) เนื่องจากความสะดวกในการสร้างรูปภาพและความได้เปรียบในการวัดขนาดโดยตรงจากการวาด จึงกลายเป็นวิธีปฏิบัติทั่วไปในการใช้มาตราส่วนที่แท้จริงแทนมาตราส่วนแบบ Isometric เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนมุมมองที่วาดด้วยมาตราส่วนที่แท้จริง หรือเรียกว่า การวาดภาพ Isometric (Isometric drawing) หรือการฉายภาพ Isometric (Isometric projection) กล่าวอีกนัยหนึ่งขอบแนวตั้งจะแสดงโดยเส้นแนวตั้งในขณะที่ขอบแนวนอนจะแสดงด้วยเส้นทำให้มุม 30 °กับแนวนอน เส้นเหล่านี้ถูกวาดด้วยไม้ทีและไม้บรรทัดสามเหลี่ยม 30° -60°



(ก) (ข) (ค)

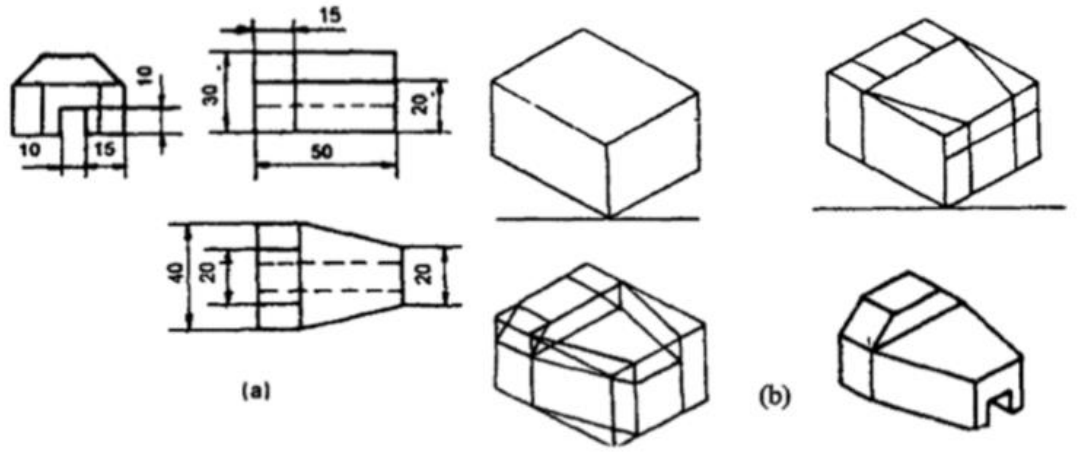
รูปที่ 6.7 การฉายภาพ Isometric (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.2 **วิธีการเขียนภาพ** Isometric (Isometric Drawing)

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

6.2.1 Box Method

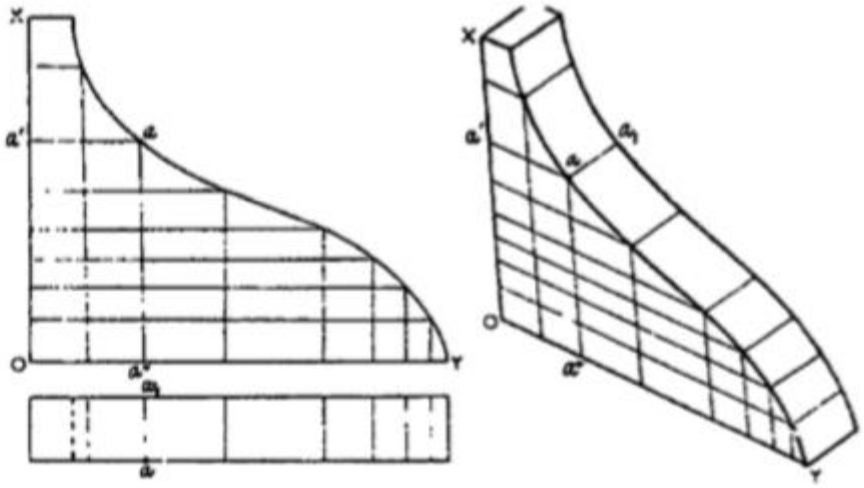
เมื่อวัตถุมีเส้น Non-isometric lines จำนวนมาก การวาดภาพ isometric อาจถูกสร้างขึ้นโดยใช้วิธี Box Method ในวิธีการนี้วัตถุถูกจินตนาการให้ถูกล้อมรอบในกล่องสี่เหลี่ยม และทั้ง Isometric lines และ Non-isometric lines จะอยู่ในตำแหน่งที่สัมผัสกับพื้นผิวและขอบของกล่อง ซึ่งจะต้องจินตนาการมุมมองแบบ Orthographic ก่อน (ดังแสดงในรูปที่ 6.8(ก)) แล้วจึงดำเนินการวาดภาพวาด 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 ที่น่าสนใจเมื่อวัตถุมีพื้นผิวโค้งที่ผิดปกติ ในวิธีการ Off-set Method คุณสมบัติโค้งอาจได้จากการพล็อตจุดบนเส้นโค้งที่ตั้งอยู่โดยการวัดตามเส้นมีมิติเท่ากัน 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 โดยเส้นแนวตั้งจะเป็นแนวตั้งในการฉายภาพและเส้นแนวนอนจะเอียง 30° หากมีเส้นลาดเอียงในระนาบจะใช้ในการล้อมรอบระนาบด้วยสี่เหลี่ยม และนอกจากนั้นการฉายภาพจะอ้างอิงกับด้านข้างของสี่เหลี่ยมนั้น ตัวอย่างการวาดภาพ Isometric ของสี่เหลี่ยมขนาด 100 มม. และ 70 มม. ถ้าระนาบของมันคือแนวตั้งและแนวนอน มีขั้นตอนดังนี้

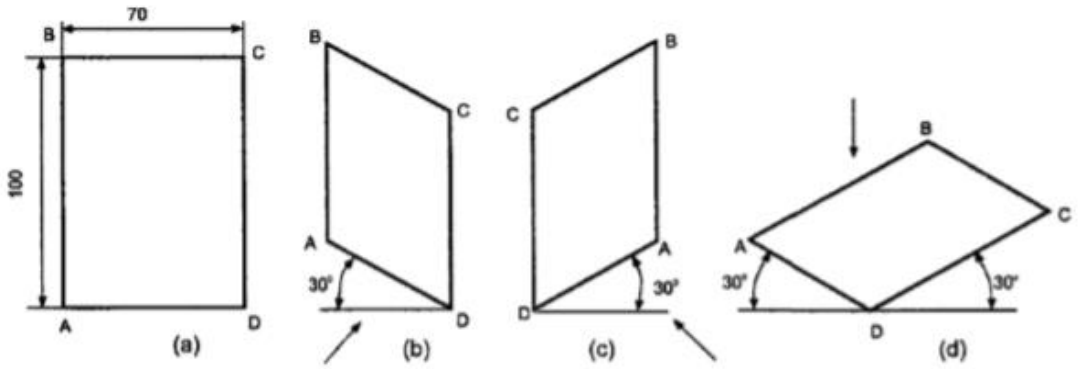
(1) ตามระนาบแนวตั้ง วาดสี่เหลี่ยม ABCD (ดังแสดงในรูปที่ 6.10(ก))

(2) วาดด้าน AD ที่เอียง 30° จากเส้นฐาน (ดังแสดงในรูปที่ 6.10(ข)) และวาดเส้น AD = 70 มม.

(3) วาดแนวดิ่งที่ 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) เมื่อระนาบเป็นแนวนอน วาดเส้น AD และ DC เอียงทำมุม 30° เพื่อเป็นเส้นฐานและทำการฉายภาพ Isometric ให้สมบูรณ์ ABCD ดังที่แสดงในรูปที่ 6.10(ง) และลูกศรที่ด้านบนแสดงทิศทางการมอง



(ก) (ข) (ค) (ง)

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. ถ้าพื้นผิวเป็นแนวตั้งและแนวนอน

(1) วาดวงกลมที่กำหนดและล้อมรอบด้วยสี่เหลี่ยม 1234 ดังแสดงในรูปที่ 6.11(ก)

(2) สร้างภาพวาด Isometric ของสี่เหลี่ยม 1234 ซึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน

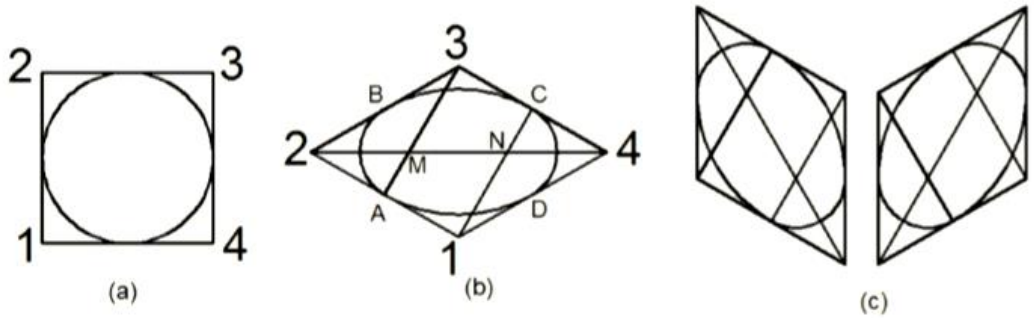
(3) ทำเครื่องหมายจุดกึ่งกลาง A, B, C และ D ของแต่ละด้านของรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ดังแสดงในรูปที่ 6.11(ข)

(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) ได้วงรี ABCD เป็นรูปวาด Isometric ที่เป็นของวงกลมบนระนาบแนวนอน ในทำนองเดียวกันมุมมอง Isometric สามารถวาดบนระนาบแนวตั้งตามได้ ดังแสดงในรูปที่ 6.11(ค)



(ก) (ข) (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 และมุมมองด้านซ้ายหรือด้านขวา

(2) วาดแกนสามมิติ โดยใช้ชุดไม้บรรทัดสามเหลี่ยมเพื่อสร้างมุม 30^{O}

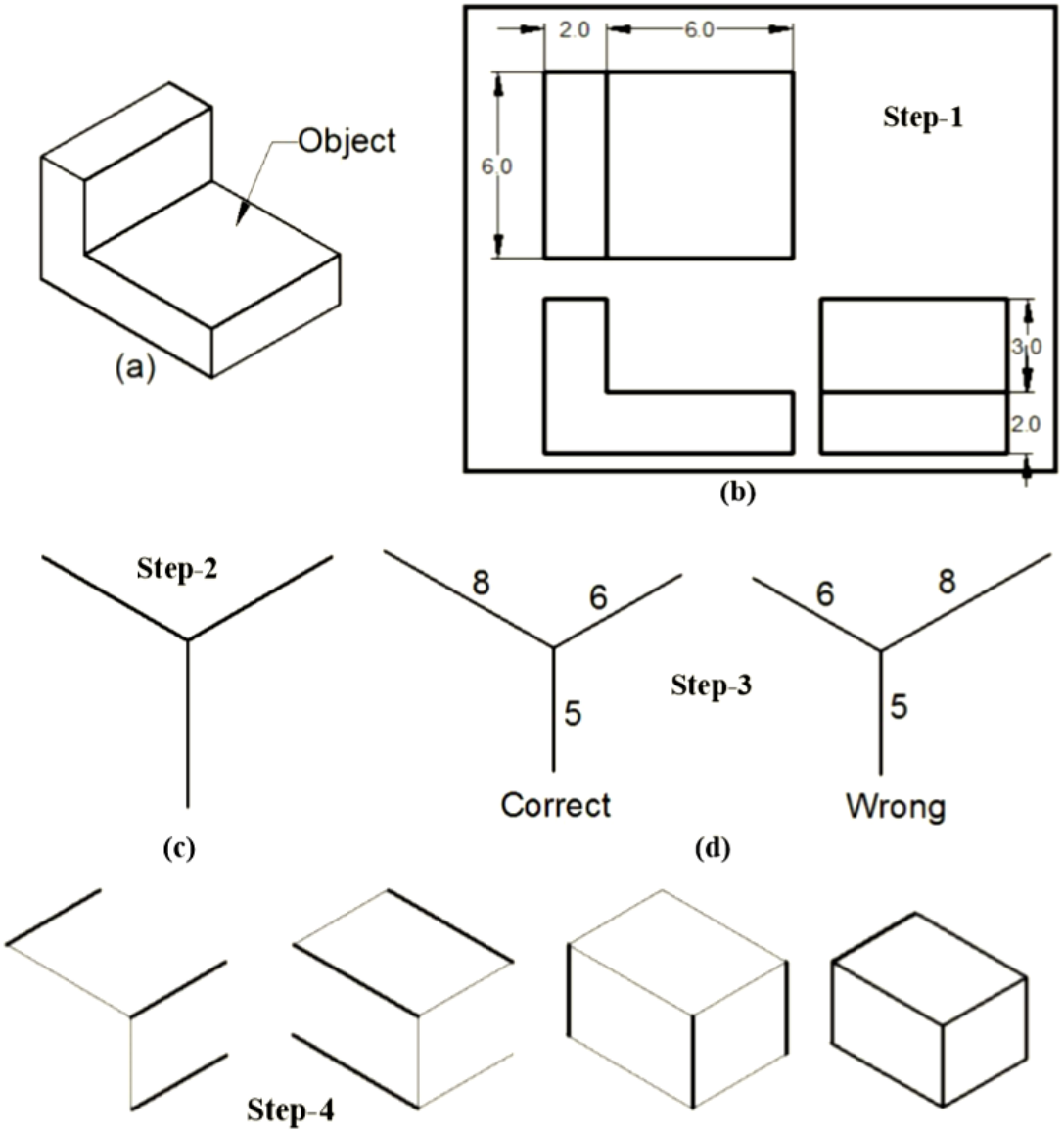
(3) เลือกความยาวและความกว้างตามมุมมองที่กำหนด หากเลือกมุมมองด้านขวาความยาวของมุมมองด้านหน้าควรเลือกตามแกนด้านซ้ายของแกนตั้งเพื่อให้สามารถวาดมุมมองด้านขวาไปตามแกนด้านขวา

(4) วาด Isometric box โดยให้วาดเส้นขนาน 2 เส้น ของแต่ละแกนภาพ Isometric ที่จุดสิ้นสุดของอีกสองแกน

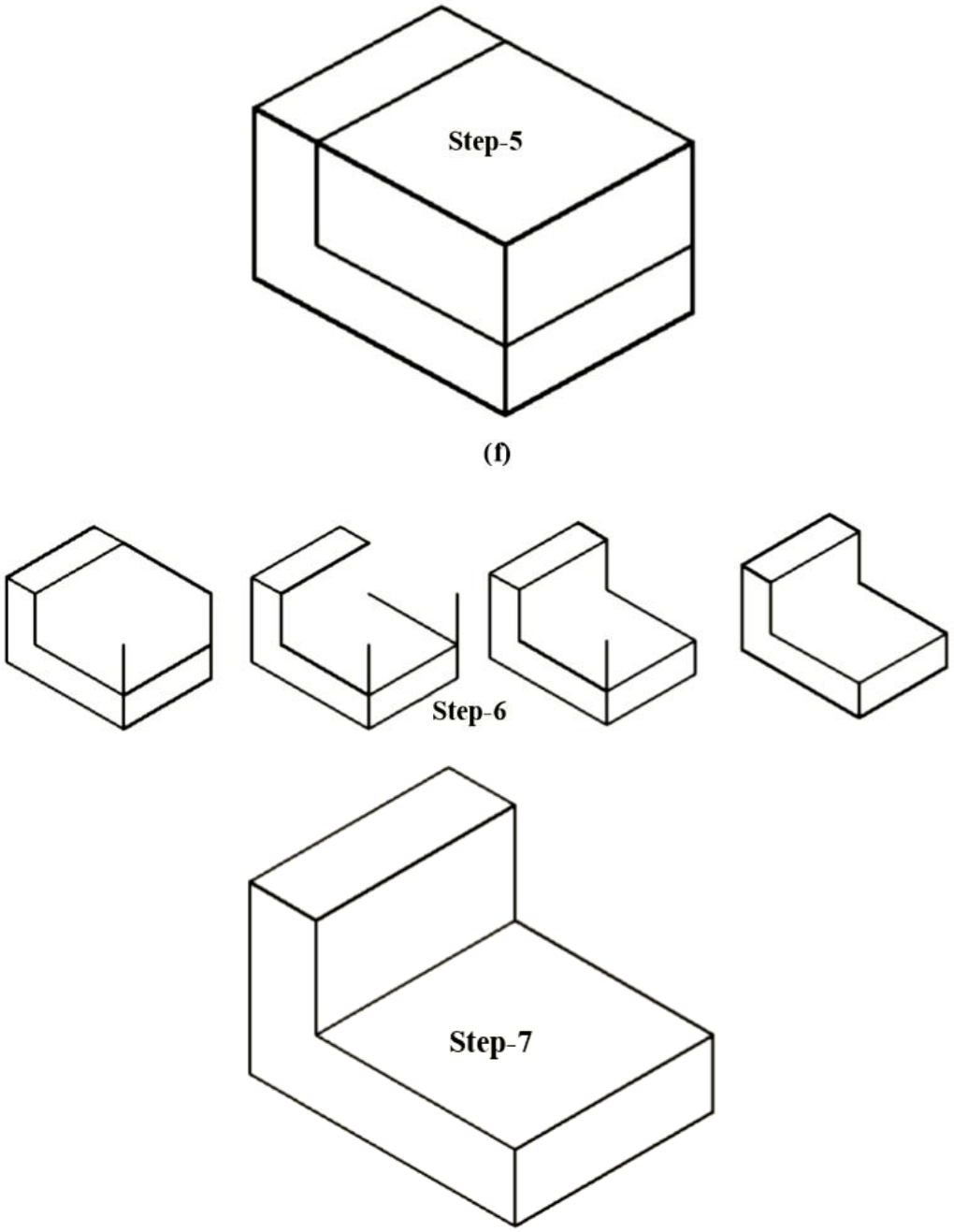
(5) วาดมุมมองที่กำหนด (ด้านหน้า ด้านบน และซ้าย/ขวา) บนผิวที่สอดคล้องกันของกล่องภาพสามมิติ

(6) มองผ่านแต่ละมุมมองและระบุเส้นและพื้นผิวที่ไม่มีอยู่ ลบเส้นที่ไม่มีอยู่ (หรืออาจไม่ต้องเขียนเส้นเหล่านี้แต่แรกก็ได้)

(7) วาดเส้นที่มองเห็น เปรียบเทียบมุมมอง Orthographic กับมุมมอง Isometric ที่ได้วาดขึ้น ตรวจสอบว่าเส้น/พื้นผิวใด ๆ หายไปหรือไม่



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

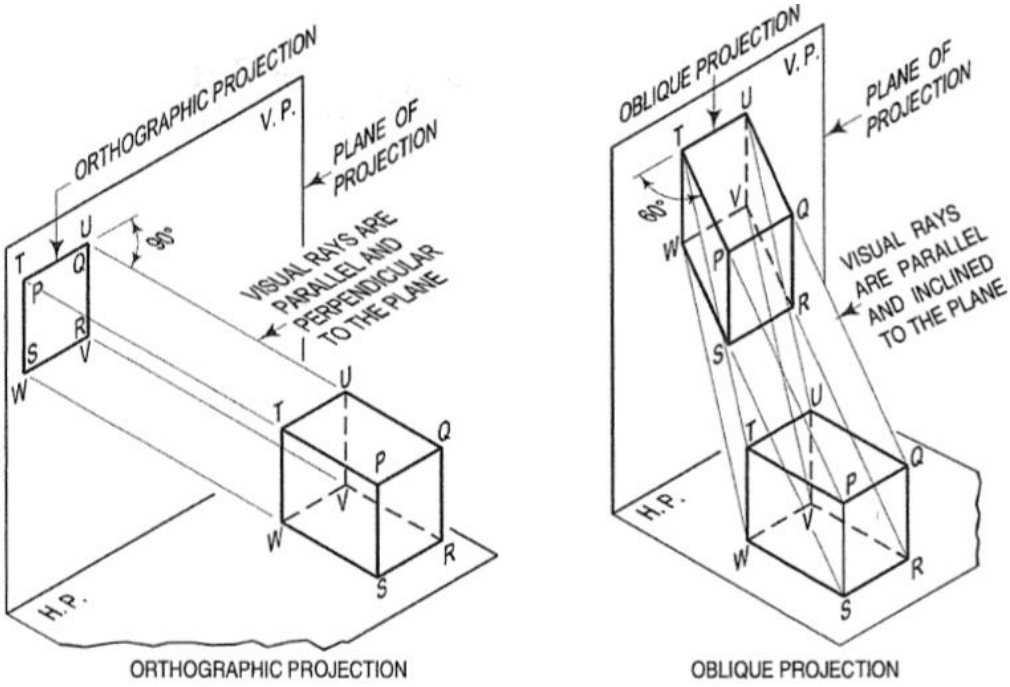


รูปที่ 6.12 ขั้นตอนการวาดภาพ Isometric ขั้นตอนที่ 5-7 (Md. Roknuzzaman, 2017)

6.3 ภาพฉายแบบ Oblique

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

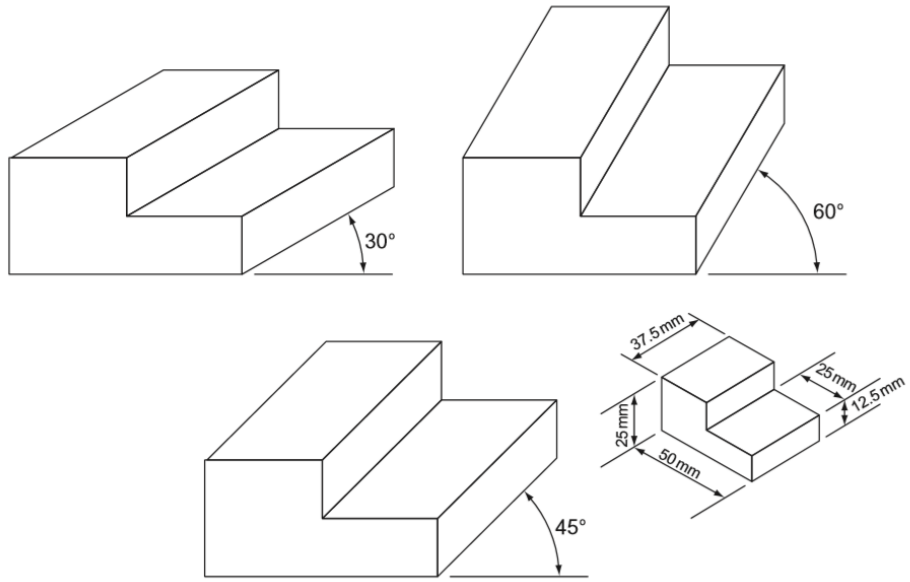
เอียงไปในแนวระนาบของการฉายภาพ จิตนาการให้ภาพเป็นลูกบาศก์วางอยู่ด้านหน้าระนาบแนวตั้ง (ดังแสดงในรูปที่ 6.13) ในการฉายภาพแบบ Orthographic ลำแสงภาพ (ขอบ) ตั้งฉากกับระนาบการฉายภาพ ส่วนในการฉายภาพแบบ Oblique มุมมองด้วยแสงรังสี (ขอบ) ทำให้มุม 60° กับระนาบการฉาย พิจารณาตำแหน่งสี่เหลี่ยม PQRS ซึ่งขนานกับระนาบของการฉายภาพถูกฉายในรูปร่างและขนาดที่แท้จริง ตั้งฉากกับระนาบการฉายมีรูปร่างเพี้ยน ขอบของใบหน้าตั้งฉากจะเอียงไปทางแนวนอนและฉายตามความยาวจริง



รูปที่ 6.13 เปรียบเทียบการฉายภาพแบบ Orthographic และ Oblique

(Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

หลักการที่แตกต่างกันระหว่างภาพฉายแบบ Oblique และ Isometric คือ กรณีของการฉายภาพแบบ Isometric แกนทั้งสามจะทำมุม 120^{O} กับแกนอื่น แต่ในการฉายภาพแบบ Oblique แกนที่สามจะเอียงทำมุม 30^{O} 45^{O} หรือ 60^{O} (ดังแสดงในรูปที่ 6.14) กับสองแกนที่ตั้งฉาก เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างการฉายภาพแบบ Oblique และ Isometric ดังตารางที่ 6.1



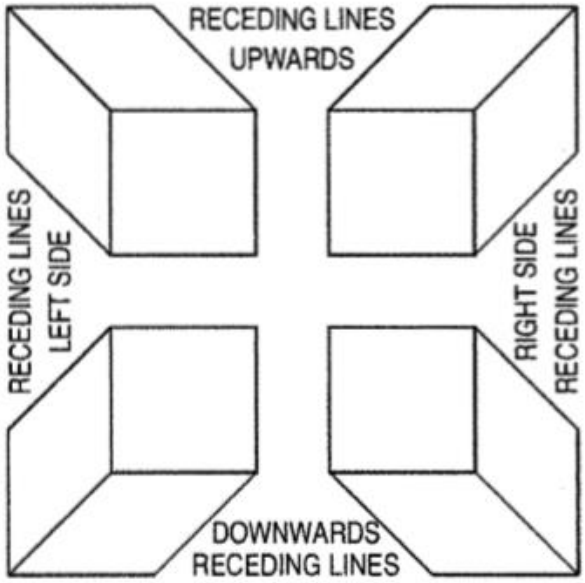
รูปที่ 6.14 การฉายภาพแบบ Oblique เมื่อไม่มีการปรับลดขนาดของวัตถุ (K.Morling, 2010)

ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบภาพฉายแบบ Oblique และ Isometric

ภาพฉายแบบ Oblique	**ภาพฉายแบบ** Isometric
(1) เส้นสายตาจากวัตถุขนานกันและเอียงไปที่ระนาบการฉาย	(1) เส้นสายตาจากวัตถุขนานกันและกัน และตั้งฉากกับระนาบของภาพ
(2) วัตถุนั้นวางในลักษณะที่ใบหน้าที่โดดเด่นคนหนึ่งยังคงขนานกับระนาบของการฉายวัตถุวางอยู่บนของใบหน้า	(2) วัตถุนั้นถูกวางไว้ในลักษณะที่ขอบตั้งฉากทั้งสามซึ่งกันและกัน (แกน) ทำให้มุมของระนาบการฉายเท่ากัน
(3) วัตถุถูกวาดด้วยมิติที่แท้จริง	(3) วาดด้วยมิติที่ลดลง (ประมาณ 82%)
(4) ส่วนหน้าของวัตถุที่ตั้งฉากกับระนาบของการฉายภาพ จะบิดเบี้ยวทั้งรูปทรงและขนาด	(4) ส่วนหน้าทั้งหมดของวัตถุนั้นบิดเบี้ยวในรูปทรงและขนาด

6.3.1 **เส้นและมุม** Receding (Receding line and receding angles)

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

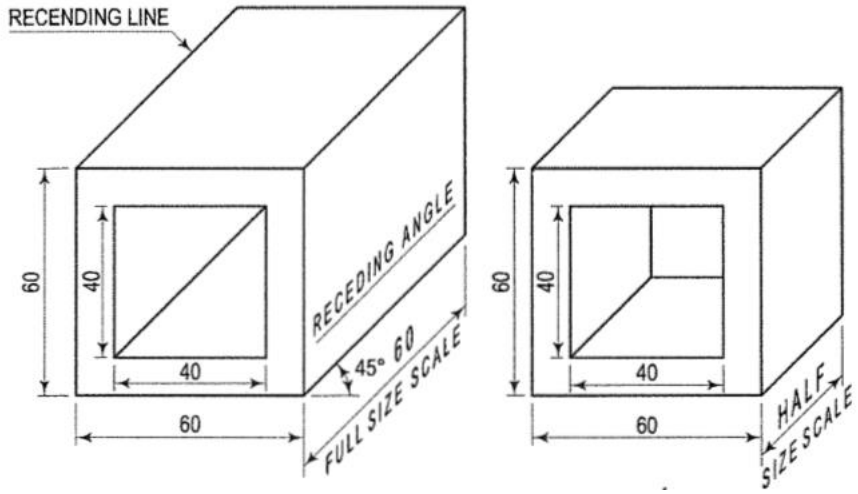


รูปที่ 6.15 Receding line และ receding angles (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.3.2 ประเภทของภาพฉาย Oblique (Type of the oblique)

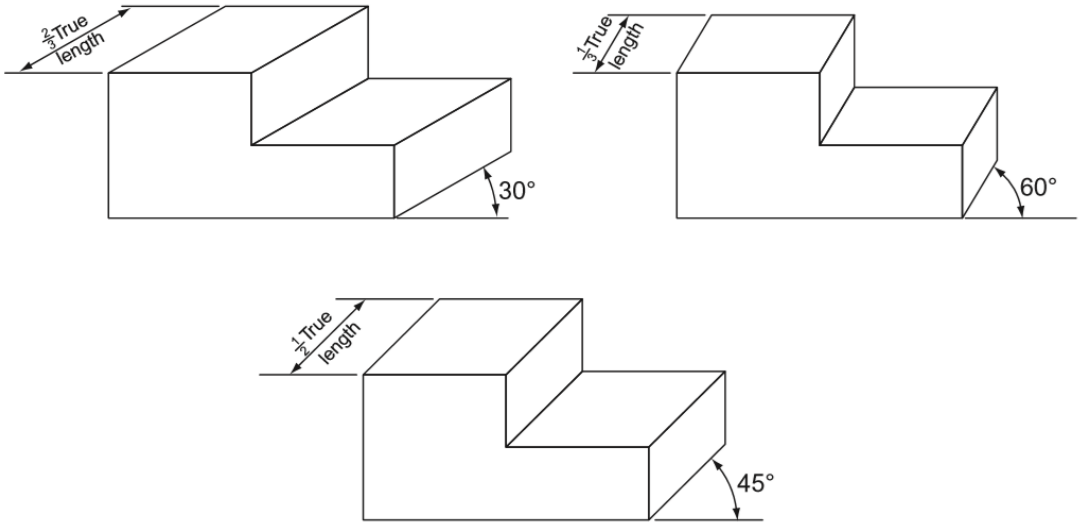
การฉายภาพแบบ Oblique นั้นขึ้นอยู่กับมาตราส่วนที่ต่อเส้น Receding line ออกมา สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่

- **Cavalier projection** เมื่อเส้น Receding line ถูกวาดในขนาดเต็มและเส้นสายตาเอียงที่มุม 30° หรือ 45° หรือ 60° กับระนาบของการฉายภาพ Oblique ดังแสดงในรูปที่ 6.15(ก)
- **Cabinet projection** หากเส้น Receding line ถูกวาดในขนาดครึ่งหนึ่งการฉายภาพ Oblique ดังแสดงในรูปที่ 6.15(ข)



(ก) (ข)

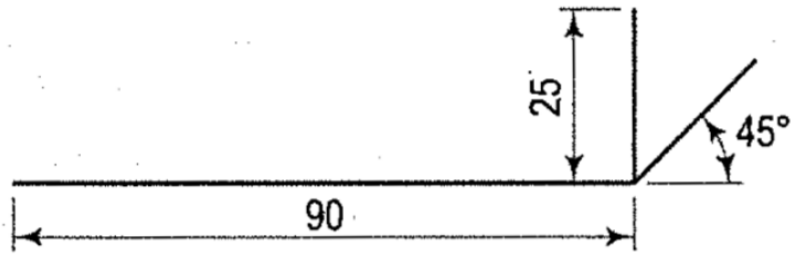
รูปที่ 6.16 ประเภทของภาพฉาย Oblique (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)



รูปที่ 6.17 ภาพฉาย Oblique ที่มีการลดความยาวในมุม oblique (K.Morling, 2010)

6.3.3 กฎสำหรับการเลือกตำแหน่งของวัตถุ (Rule for the choice of position of an object)

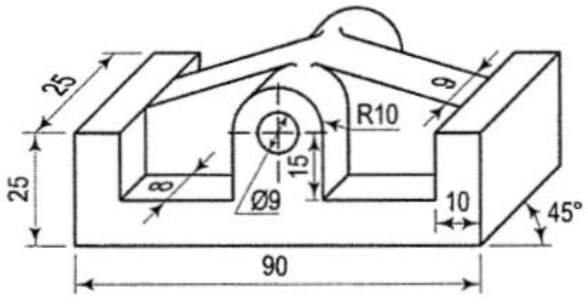
ในการฉายภาพแบบ Oblique วัตถุจะถูกสมมติให้ด้านหน้าด้านเดียวขนานกับระนาบการฉาย และด้านหน้านี้จะรูปร่างและขนาดที่แท้จริง สองมิติหลักของวัตถุ มิติที่สามแสดงด้วยเส้นที่วาดในมุมโดยทั่วไปคือ 30° หรือ 45° กับแนวนอน เพื่อให้ดูเป็นธรรมชาติ เส้นเหล่านี้จะถูกวาดสัดส่วน ¾ หรือ ½ ของความยาวจริง ดังนั้นการฉายภาพแบบ Oblique จะมีแกนสามแกนคือ แนวตั้ง แนวนอน และแนวแกนที่สามเอียงมุม 30°หรือ 45° กับแนวนอน ดังแสดงในรูปที่ 6.18



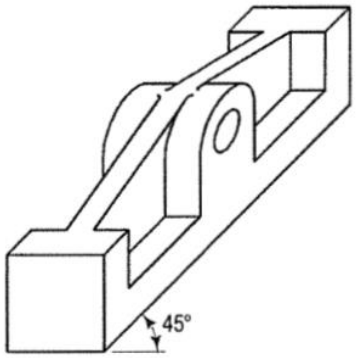
รูปที่ 6.18 สามแกนของ Oblique (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

ตัวอย่างพื้นผิวรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและวงกลมขนานกับแกนที่สามจะแสดงรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและวงรีตามลำดับ เมื่อวัตถุมีพื้นผิวโค้งหรือขอบยาวด้านหน้าที่มีพื้นผิวหรือขอบดังกล่าวมักจะถูกวาดในรูปร่างที่แท้จริง โดยการทำเช่นนั้นการวาดจะง่ายขึ้นและลดความผิดเพี้ยนลงได้อย่างมาก รูปที่ 6.19(ก) แนะนำวิธีการเขียนภาพที่มีขอบที่ยาวขึ้นขนานกับ

แกนเอียง เปรียบเทียบกับรูปที่ 6.19(ข) ด้วยมุมมองนี้จะเห็นได้ว่าให้ข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับรูปร่าง การเลือกตำแหน่งของวัตถุควรเป็นเช่นนั้น



(ก)

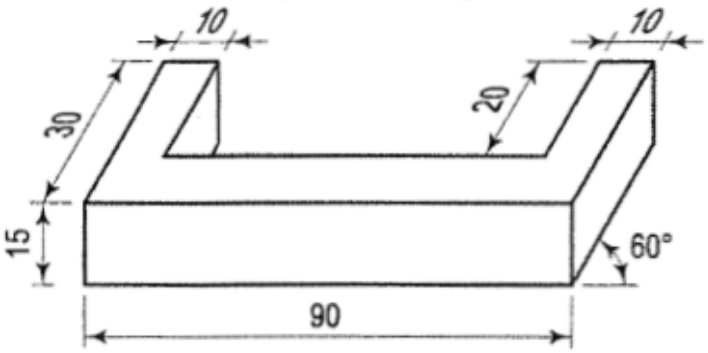


(ข)

รูปที่ 6.19 ตัวอย่างการวางตำแหน่งของภาพ Oblique (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

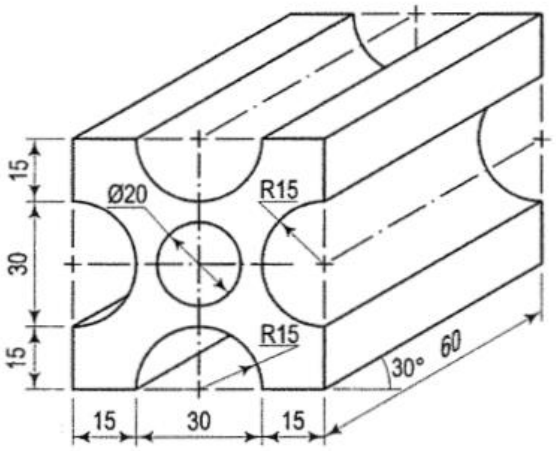
การทำให้การบิดเบือนของวัตถุให้เกิดขึ้นได้น้อยที่สุด สามารถทำได้โดยการปฏิบัติตามกฎต่อไปนี้

- กฎข้อที่ 1 รักษามิติที่ยาวที่สุดขนานกับระนาบการฉาย ซึ่งอาจลดความผิดเพี้ยนของวัตถุได้ (รูปที่ 6.20)
- กฎข้อที่ 2 ด้านหน้าของวัตถุควรมีรูปทรงที่สำคัญ (เช่นวงกลม/และรูปร่างที่ผิดปกติ ฯลฯ) จะต้องวาดขนานกับระนาบของการฉายภาพ (รูปที่ 6.21)



รูปที่ 6.17 กฎข้อที่ 1 รักษามิติที่ยาวที่สุดขนานกับระนาบการฉาย

(Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)



รูปที่ 6.21 กฎข้อที่ 2 ด้านหน้าของวัตถุควรมีรูปทรงที่สำคัญ (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.4 วิธีการเขียนภาพ Oblique (Oblique drawing)

6.4.1 ขั้นตอนการเขียนภาพ Oblique

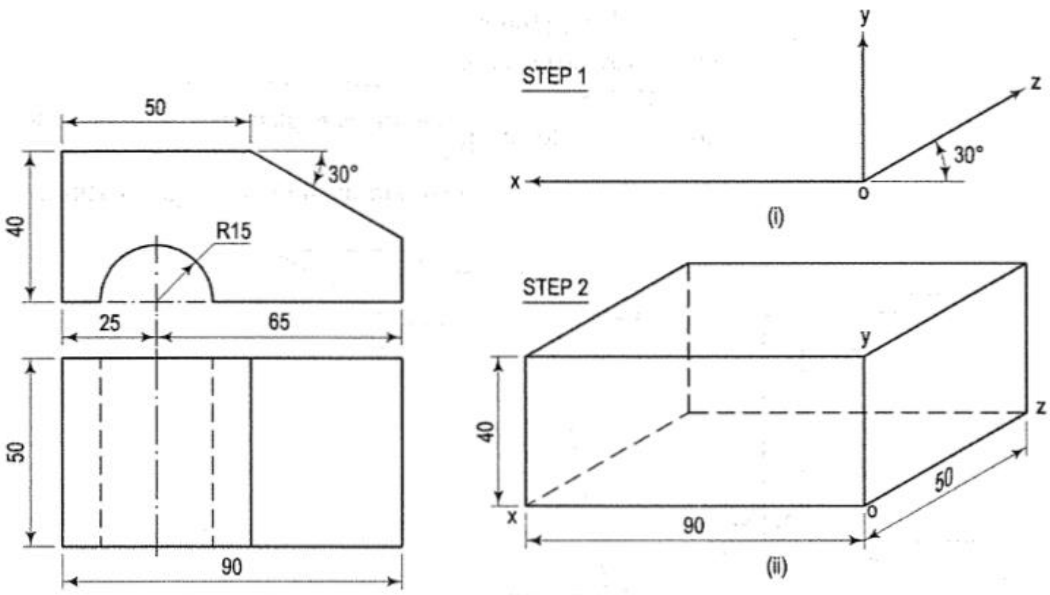
ขั้นตอนการเขียนภาพ Oblique ตัวอย่างรูปที่ 6.19 ดังนี้

(1) ทำเครื่องหมายจุด O และวาดแกน OX และ OY ตั้งฉากกัน วาดแกนที่ถอยออกมา OZ ที่มุม 30° ด้วยแกน OX (แนวนอน) รูปที่ 6.22

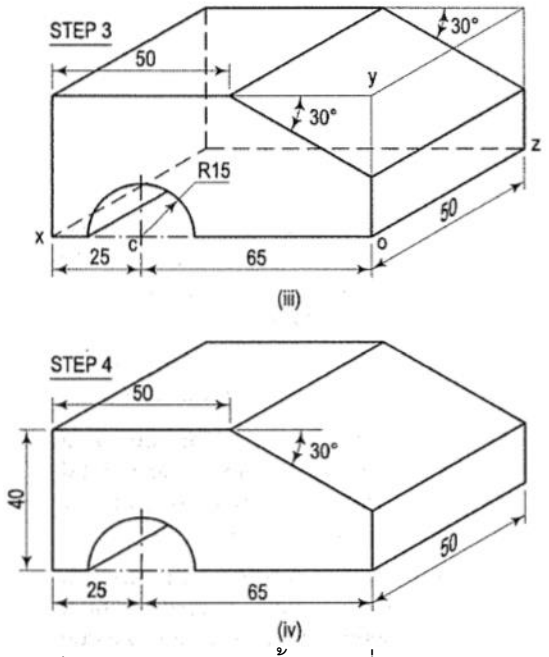
(2) สร้างกล่องโดยทำเครื่องหมายระยะ 90 มม. 40 มม. และ 50 มม. ตามแนวแกน OY และ OZ ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 6.22

(3) ทำเครื่องหมายกึ่งกลาง c ของครึ่งวงกลมตามแนวแกนของ ox ที่ระยะ 65 มม. จากจุด o เมื่อจุด c เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ 15 มม. ให้วาดครึ่งวงกลม ทำเครื่องหมายระยะ 50 มม. บนเส้นขนานกับวัวและวาดมุม 30 °ดังแสดงในรูปที่ 6.23

(4) เขียนภาพ Oblique ให้สมบูรณ์ ดังที่แสดงในรูปที่ 6.23



รูปที่ 6.22 ขั้นตอนการเขียนภาพ Oblique ขั้นตอนที่ 1-2 (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)



รูปที่ 6.23 ขั้นตอนการเขียนภาพ Oblique ขั้นตอนที่ 3-4 (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.4.2 การเขียนภาพวงกลม Oblique

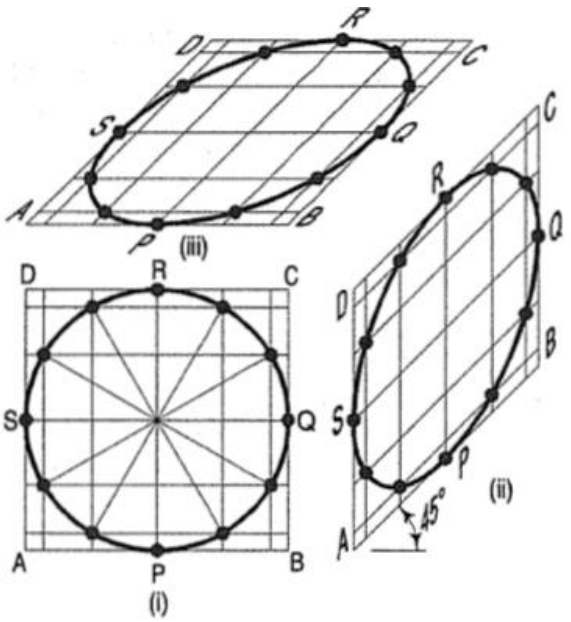
การวาดภาพวงกลมแบบ Oblique ด้วยวิธี Offset method (รูปที่ 6.24) ดังนี้

(1) วาดสี่เหลี่ยมเพื่อล้อมวงกลมในระนาบด้านหน้าและแบ่งวงกลมออกเป็น 12 ส่วน

(2) แบ่งระยะวาดเส้นแนวตั้งและแนวนอน

(3) สร้างรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนในด้านข้างและระนาบด้านบนและถ่ายโอนเส้นแนวนอนและแนวตั้งเพื่อรับ 12 จุดตัด

(4) ต่อจุดเหล่านี้ด้วยเส้นโค้งราบเรียบเพื่อรับวงรีซึ่งแสดงถึงวงกลมในการฉายภาพแบบ Oblique



รูปที่ 6.21 การวาดภาพวงกลมแบบ Oblique ด้วยวิธี Offset method (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

การวาดภาพวงกลมแบบ Oblique ด้วยวิธี Four center approximate method (รูปที่ 6.25)

(1) วาดรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ABCD ในระนาบด้านบนและด้านข้างด้วยความยาวด้านเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม

(2) ทำเครื่องหมาย P, Q, R และ S เป็นจุดกึ่งกลางของแต่ละด้าน

(3) จาก P และ Q ให้ลากเส้นตั้งฉากกับ AB และ BC ตามลำดับโดยให้ตัดกันที่ C1

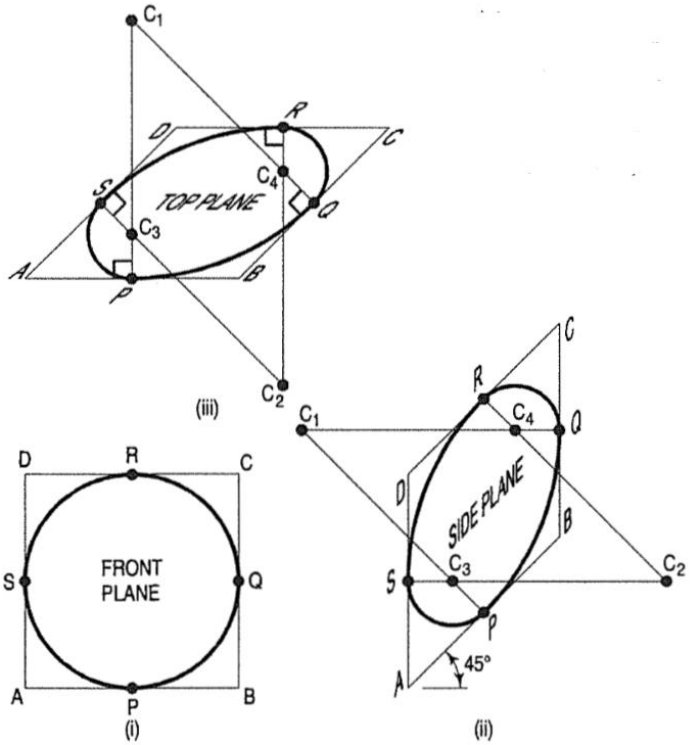
(4) วาดฉากตั้งฉากจาก R และ S เพื่อรับ C2

(5) ทำเครื่องหมาย C3 และ C4 เป็นจุดตัดของเส้นตั้งฉาก

(6) ด้วย C1 และ C2 เป็นกึ่งกลางและ C1P และ C2R เป็นรัศมีสร้างเส้นโค้ง PQ และg เส้นโค้ง RS ตามลำดับ

(7) ในทำนองเดียวกันกับ C3 และ C4 เป็นกึ่งกลางและ C3P และ C4R เป็นรัศมีวาดเส้นโค้ง PS และเส้นโค้ง RQ ตามลำดับ

(8) ส่วนโค้งทั้งสี่นี้สร้างวงรีซึ่งแสดงถึงวงกลมในการฉายภาพ Oblique



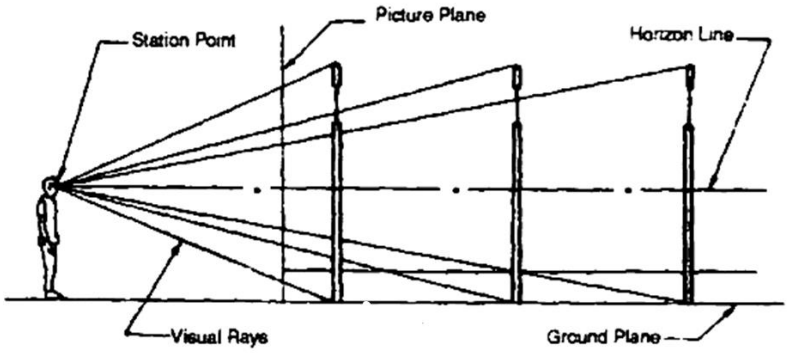
รูปที่ 6.25 การวาดภาพวงกลมแบบ Oblique ด้วยวิธี Four centre approximate method (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.5 ภาพฉายแบบ Perspective

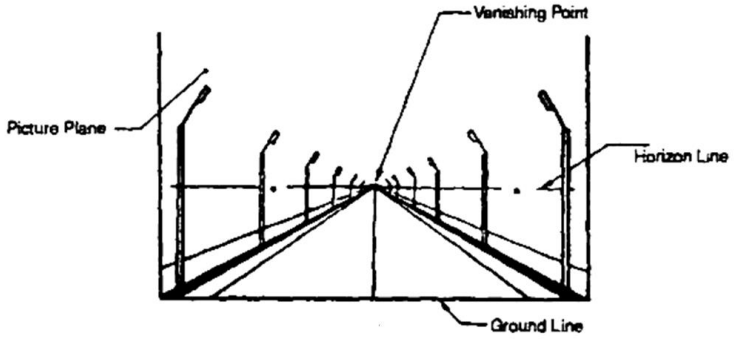
การฉายภาพ Perspective หรือการวาดภาพมุมมอง เพื่อเป็นตัวแทนของวัตถุบนพื้นผิวระนาบที่เรียกว่า ระนาบภาพ (Picture plane) ตามที่ปรากฏต่อสายตาเมื่อมองจากตำแหน่งที่คงที่ ซึ่งเกิดขึ้นบนระนาบภาพเมื่อแนวการมองจากตาสู่วัตถุถูกตัดระนาบของภาพ ซึ่งภาพ Perspective ส่วนใหญ่จะใช้ในงานสถาปัตยกรรม จากมุมมองของสถาปนิกสามารถแสดงให้เห็นว่าวัตถุจะปรากฏเมื่อสร้าง สิ่งสำคัญที่จะต้องมีความรู้เต็มรูปแบบเกี่ยวกับหลักการของการฉายภาพแบบ orthographic ก่อนที่จะสามารถศึกษาทฤษฎีการวาดภาพ Perspective

วิธีการเตรียมมุมมองภาพ Perspective แตกต่างจากวิธีการฉายภาพวิธีอื่น ๆ ที่กล่าวถึงก่อนหน้านี้ การฉายภาพหรือแนวสายตาจะตัดกันที่จุดร่วมที่รู้จักกันว่าจุดสถานี (Station point) ตัวอย่างการฉายภาพมุมมองของถนนที่มีแสงส่องเสาเมื่อมองจากผู้สังเกตจากจุดสถานี ดังแสดงในรูปที่ 6.26 (ก) ผู้สังเกตมองเห็นวัตถุผ่านระนาบแนวตั้งโปร่งใสที่เรียกว่าระนาบภาพ (Picture plane) ดังแสดงในรูปที่ 6.26(ข) ในมุมมองนี้รูปร่างและขนาดที่แท้จริงของถนนจะไม่สามารถมองเห็นได้เนื่องจากวัตถุนั้นถูกมองจากจุดสถานีที่มีการบรรจบกันของแสงที่มองเห็น วิธีการฉายภาพนี้ในทางทฤษฎีคล้ายกับระบบในการถ่ายภาพและมีการใช้งานอย่างกว้างขวางโดยสถาปนิกในการแสดง

รูปลักษณ์ของอาคารหรือโดยศิลปินในการจัดทำภาพประกอบของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ขนาดใหญ่



(ก)



(ข)

รูปที่ 6.26 มุมมองภาพ Perspective (K.Venkata Reddy, 2008)

6.5.1 **หลักการเขียนภาพ** perspective

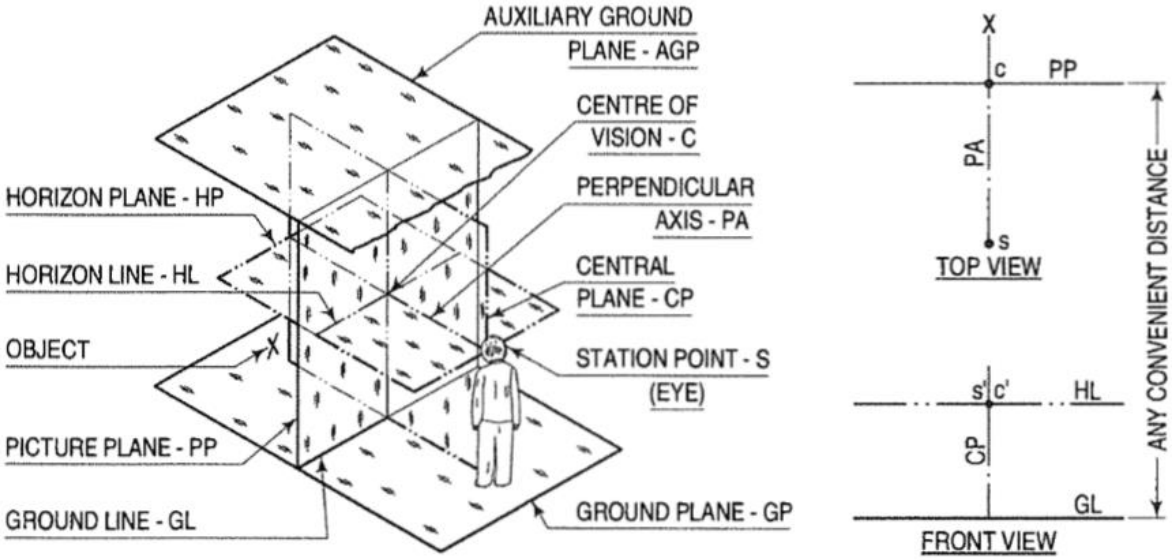
ในการฉายภาพ Perspective ดวงตาจะถือว่าอยู่ในตำแหน่งที่แน่นอนเมื่อเทียบกับวัตถุ ระนาบแนวตั้งซึ่ง (ใน Perspective) เรียกว่าระนาบภาพ วางอยู่ระหว่างวัตถุกับดวงตา แนวที่มองเห็นจากตาถึงวัตถุจะรวมกันเป็นหนึ่งจุดในตา ดังนั้นจึงมีความโน้มเอียงที่แนวระนาบ แนวการมองจะทะลุระนาบของภาพและสร้างภาพขึ้นมา ภาพนี้เป็นมุมมองแบบ Perspective ของวัตถุ

6.5.2 **ส่วนประกอบของภาพ** Perspective

องค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการเขียนภาพ **Perspective** ดังแสดงในรูปที่ 6.27 ดังนี้

- Ground plane (GP) เป็นระนาบแนวนอนที่วัตถุถูกสมมติให้อยู่
- Station point (S) เป็นจุดที่สายตาของผู้สังเกตเห็นอยู่ขณะมองวัตถุ

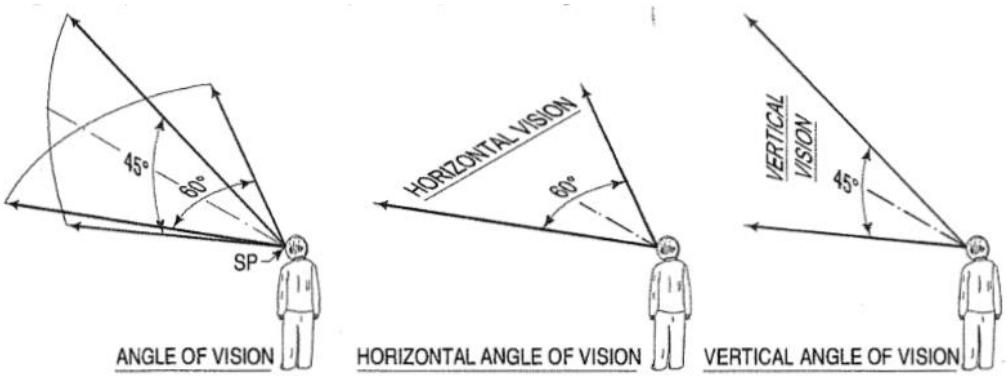
- Picture plane (PP) เป็นระนาบโปร่งใสแนวตั้งซึ่งตั้งอยู่ระหว่าง Station point และวัตถุที่จะดู มันเป็นระนาบที่มุมมองเกิดขึ้น มุมมองด้านหน้าขององค์ประกอบมุมมองและวัตถุ (หากจำเป็น) จะถูกฉายบนระนาบนี้เช่นกัน
- Horizontal plane (HP) ระนาบจินตภาพนี้อยู่ที่ระดับสายตาเช่น Station point มันเป็นระนาบแนวนอนเหนือระนาบพื้นและที่มุมฉากกับระนาบภาพ
- Auxiliary ground plane (AGP): มันเป็นระนาบแนวนอนที่วางเหนือระนาบขอบฟ้า มุมมองด้านบนของวัตถุและองค์ประกอบมุมมองถูกฉายบนระนาบนี้
- ground line (GL) เป็นเส้นแบ่งระนาบภาพด้วย ground plane
- Horizontal line (HL) เป็นเส้นที่ Horizontal plane ตัด Picture plane ขนานกับเส้น ground line
- Perpendicular axis (PA) คือเส้นที่ลากผ่าน Station point ซึ่งตั้งฉากกับ Picture plane บางครั้งเรียกว่า Line of sight หรือ Axis of vision
- Centre of vision (C) จุดที่แกนตั้งฉากทะลุ Picture plane ซึ่งจะอยู่บนเส้น Horizontal line
- Central plane (CP) เป็นระนาบแนวตั้งในจินตนาการที่ผ่าน Station point และ Centre of vision มีแกนตั้งฉาก โดยตั้งฉากกับทั้ง Picture plane และ Ground plane



รูปที่ 6.27 ส่วนประกอบของภาพ Perspective (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.5.3 **มุมของวิสัยทัศน์** (Angle of vision)

มุมของวิสัยทัศน์ หรือมุมของการมองเห็น คือ มุมที่ถูกย่อด้วยตาในแนวนอนหรือแนวตั้งซึ่งสามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน มุมมองแนวนอนและแนวตั้ง โดยทั่วไปคือ 60° และ 45° ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 6.28

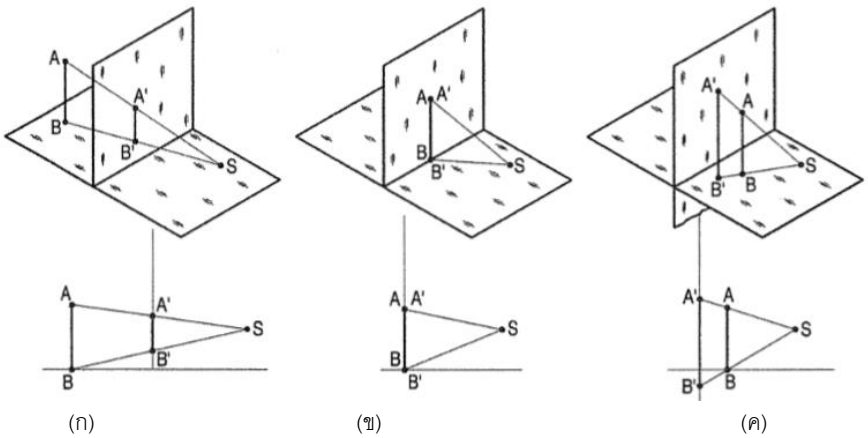


รูปที่ 6.25 มุมของวิสัยทัศน์ (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.5.4 **ระนาบของภาพ** (Picture Plane)

ตำแหน่งของระนาบรูปภาพ (Picture plane) เทียบกับวัตถุกำหนดขนาดของมุมมอง Perspective มุมมองจะแสดงวัตถุที่ลดขนาดเมื่อวางไว้ด้านหลังระนาบรูปภาพ หากวัตถุถูกเคลื่อนเข้าใกล้ระนาบรูปภาพขนาดของมุมมองจะเพิ่มขึ้น เมื่อระนาบรูปภาพสอดคล้องกับวัตถุมุมมองของวัตถุจะมีขนาดที่แน่นอน เมื่อวางวัตถุไว้ด้านหน้าระนาบรูปภาพ มุมมองของวัตถุเมื่อฉายกลับจะแสดงให้เห็นวัตถุที่ขยายใหญ่ขึ้น

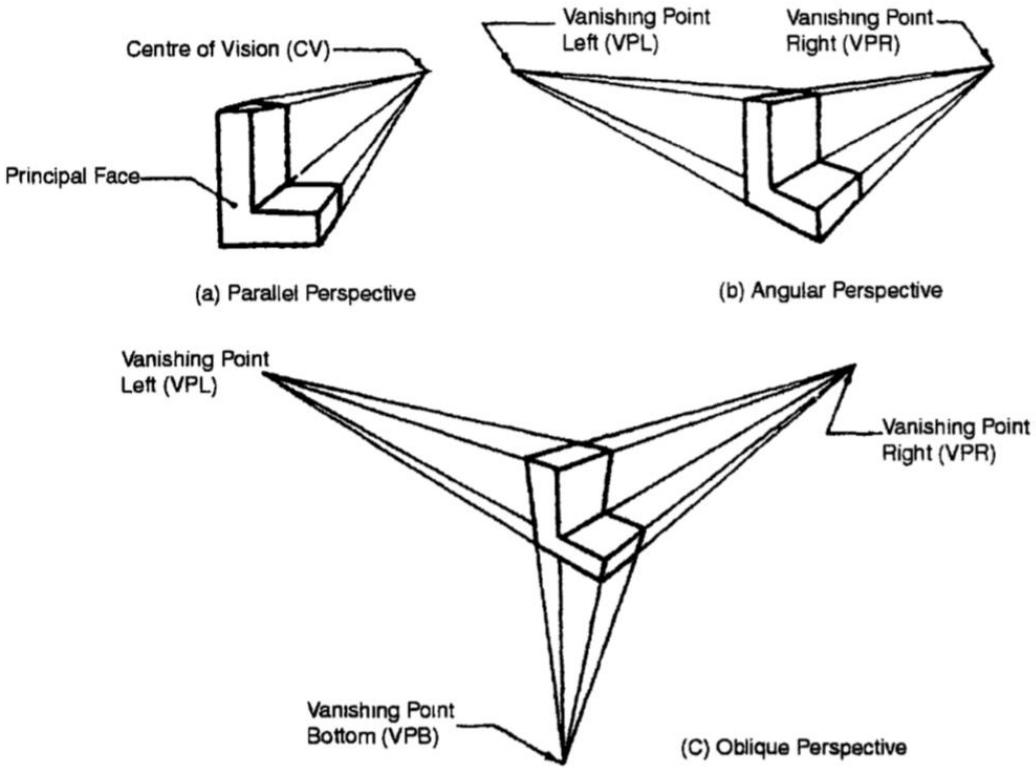
ในรูปที่ 6.29(ก) เส้น AB อยู่ด้านหลังระนาบของภาพ มุมมองของ A'B 'นั้นสั้นกว่า AB ในรูป 6.29(ข), AB อยู่ในแนวระนาบภาพ มุมมองของมัน A'B 'เท่ากับ AB และเกิดขึ้นพร้อมกัน รูปที่ 6.29(ค) แสดงเส้น AB ที่วางอยู่ด้านหน้าเครื่องบิน เมื่อฉายกลับบนระนาบภาพ มุมมองของมัน A 'B' จะยาวกว่า AB.



รูปที่ 6.29 ระนาบของภาพของมุมมอง Perspective (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

6.5.5 **การจัดกลุ่มภาพฉาย** Perspective

การฉายภาพ Perspective สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทกว้างๆ ซึ่งการฉายภาพ Perspective เหล่านี้จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งสัมพัทธ์ของวัตถุที่เกี่ยวกับระนาบภาพ (Perspective ทั้งสามประเภทแสดงในรูปที่ 6.30) ดังนี้



รูปที่ 6.30 การจัดกลุ่มภาพฉาย Perspective (Bhatt, Panchai and Pramod, 2011)

- **Perspective แบบขนานหรือ Perspective แบบจุดเดียว (Parallel perspective or single point perspective)**

  หากด้านหน้าหลักของวัตถุที่ดูอยู่ขนานกับแนวระนาบของภาพ Perspective จะเรียกว่า Perspective แบบขนาน โดยในมุมมอง Perspective แบบคู่ขนานเส้นแนวนอนที่นำวัตถุมาบรรจบกันเป็นจุดเดียวที่เรียกว่าจุดสิ้นสุด (V.P.) แต่เส้นแนวตั้งและแนวนอนบนด้านหน้าหลักและด้านอื่น ๆ ของวัตถุอย่ามาบรรจบกันหากเส้นเหล่านี้ขนานกับระนาบของภาพ เนื่องจากเส้นบนด้านหน้าขนานกับแนวระนาบของภาพไม่ได้มาบรรจบกันที่จุดหนึ่งและเส้นแนวนอนที่ถอยห่างวัตถุมาบรรจบกันเป็นจุดหายเดียวจุดฉายภาพที่ได้นั้นเรียกว่า Perspective แบบขนานหรือจุดเดียว การฉายภาพ Perspective จุดเดียวโดยทั่วไปจะใช้เพื่อนำเสนอรายละเอียดการตกแต่งภายในของห้องคุณสมบัติการตกแต่งภายในของส่วนประกอบต่าง ๆ ฯลฯ

- Perspective **เชิงมุมหรือ** Perspective **สองจุด** (Angular perspective or two-point perspective)

  หากด้านหน้าหลักทั้งสองของวัตถุที่ดูนั้นเอียงไปที่แนวระนาบของภาพ Perspective ของมุมมองที่เกิดขึ้นจะเรียกว่า Perspective เชิงมุม ใน Perspective มุมมองเชิงมุม เส้นแนวนอนทั้งหมดมาบรรจบกันเป็นสองจุดที่แตกต่างกันเรียกว่าจุดการหายตัวไปทางซ้าย (V.P.L.) และจุดการหายตัวไปทางขวา (V.P.R) แต่เส้นแนวตั้งยังคงเป็นแนวตั้ง เนื่องจากด้านหน้าหลักทั้งสองนั้นเอียงไปในแนวระนาบของภาพและเส้นแนวนอนทั้งหมดบนวัตถุมาบรรจบกันเป็นสองจุดที่หายไปที่ต่างกันมุมมองมุมมองที่ได้รับจึงเรียกว่า Perspective เชิงมุมหรือจุดสองจุด การฉายภาพจากมุมมองสองจุดเป็นวิธีที่ใช้กันมากที่สุดในการนำเสนอภาพมุมมองของวัตถุที่ยาวและกว้าง เช่น อาคาร โครงสร้างเครื่องจักร ฯลฯ

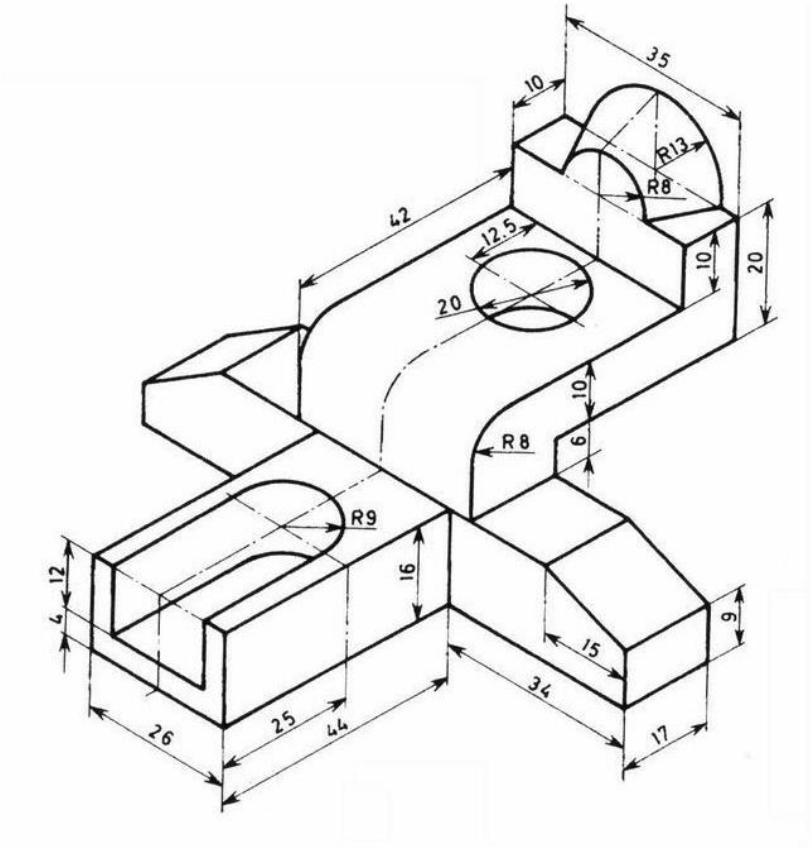
- Perspective **แบบเอียงหรือ** Perspective **แบบสามจุด** (Oblique perspective or three point perspective)

  หากด้านหน้าหลักทั้งสามตั้งฉากกัน วัตถุหลักซึ่งเอียงไปที่แนวระนาบของภาพ มุมมองของ Perspective ที่เกิดขึ้นจะเรียกว่า Perspective เอียง ใน Perspective แบบเอียง แนวนอนทั้งหมดมาบรรจบกันเป็นสองจุดที่แตกต่างกันเรียกว่าจุดหายไปทางซ้าย (V.P.L.) และจุดที่หายไปทางขวา (V.P.R) และเส้นแนวตั้งทั้งหมดมาบรรจบกันเป็นจุดหายที่สาม เนื่องจากด้านหน้าหลักทั้งสามนั้นเอียงไปที่แนวระนาบของภาพ และเส้นแนวตั้งบนวัตถุมาบรรจบกันเป็นสามจุดที่หายไปที่ต่างกันมุมมองมุมมองที่ได้รับนั้นเรียกว่า มุมเอียงหรือสามจุด การฉายภาพ Perspective แบบสามจุดอาจใช้เพื่อวาดภาพทิวทัศน์ของวัตถุขนาดใหญ่และสูง เช่น อาคารสูงอาคารโครงสร้าง ฯลฯ หากจุดสถานีอยู่ใกล้กับระนาบพื้นดินเส้นแนวตั้งจะหายไปที่จุดเหนือเส้นขอบฟ้า หากจุดสถานีอยู่เหนือวัตถุเส้นแนวตั้งทั้งหมดจะหายไปที่จุดใต้เส้นขอบฟ้า การฉายภาพมุมมองแบบเอียงไม่ค่อยได้ใช้ในทางปฏิบัติ

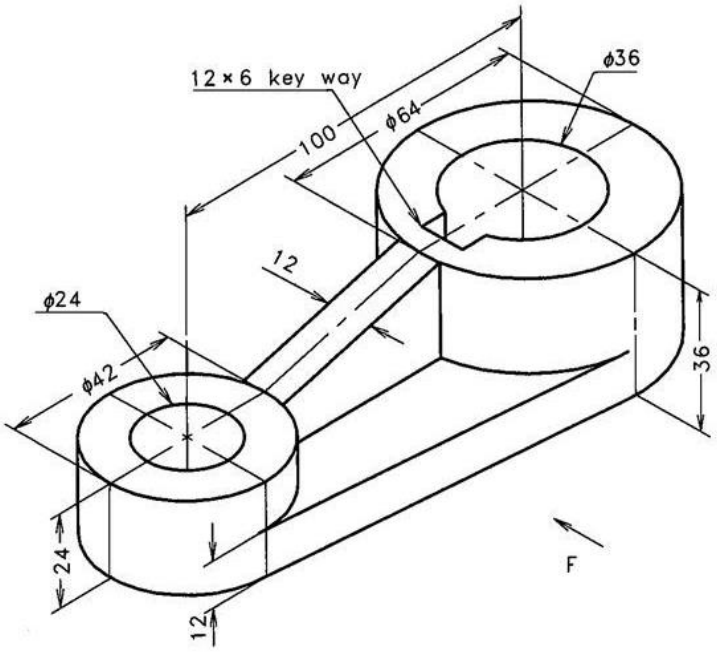
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 6

(1) จงเขียนภาพ Isometric และ Oblique ดังต่อไปนี้

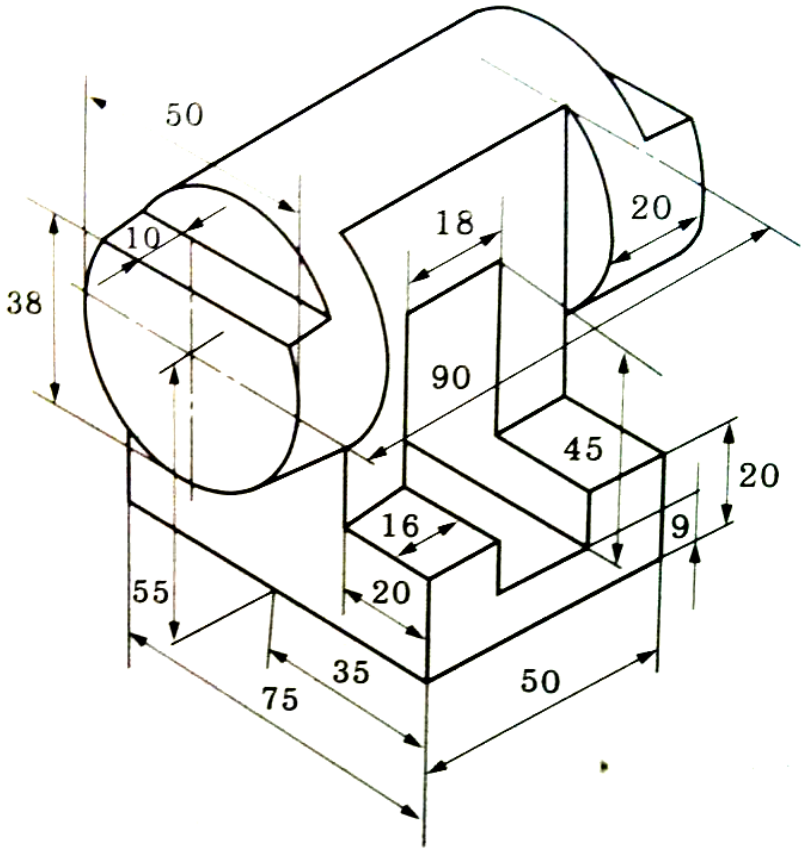
(a)



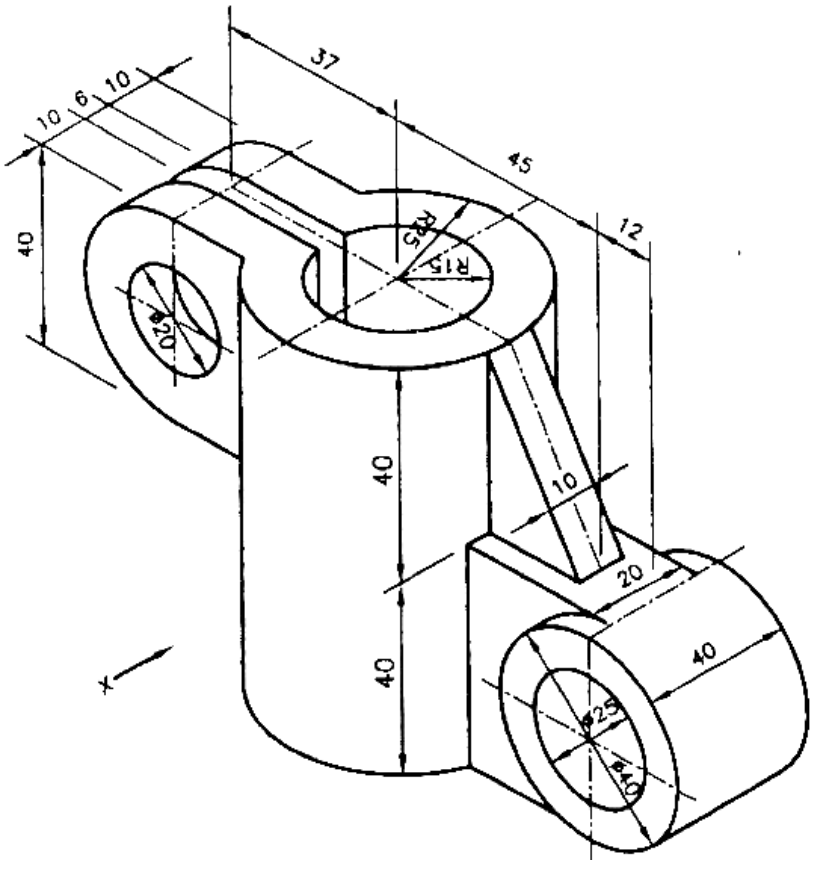
(b)



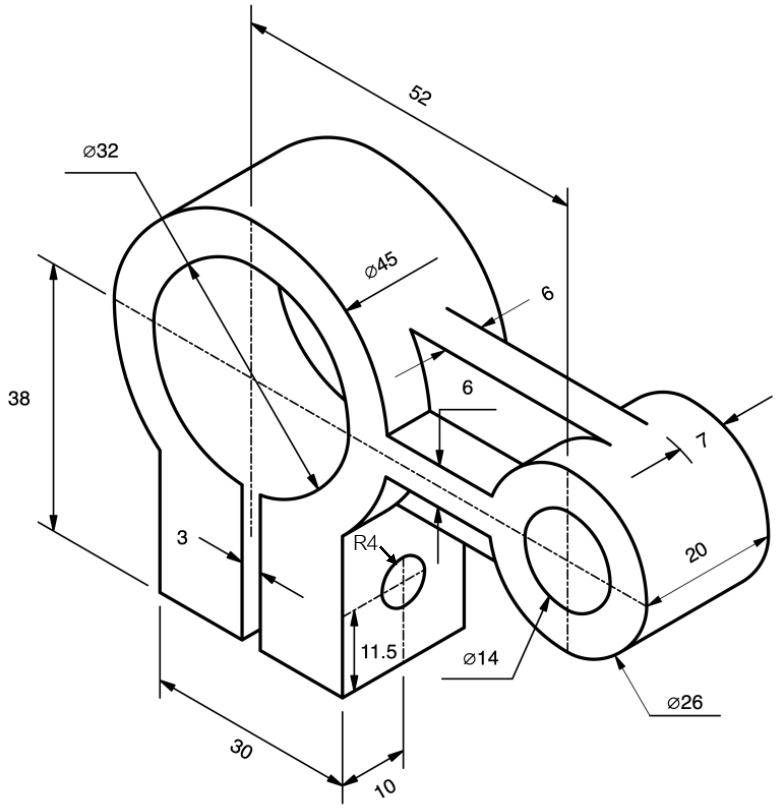
(c)


50
10
38
18
20
90
45
20
16
9
55
20
35
75
50

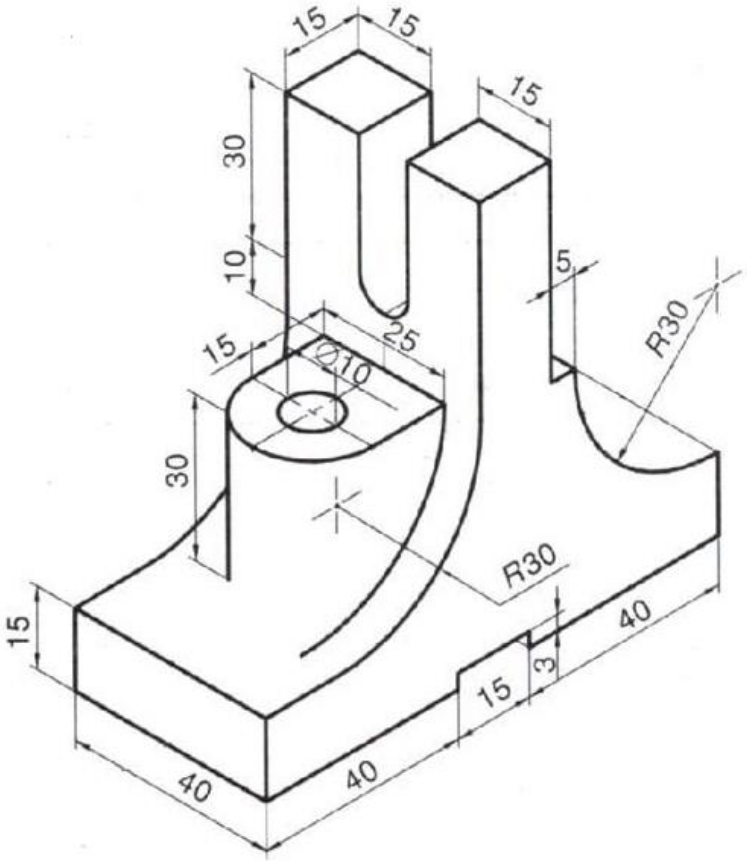
(d)


37
10
10
6
10
45
12
40
R5
R15
Ø20
40
10
20
40
40
X
Ø25
Ø40

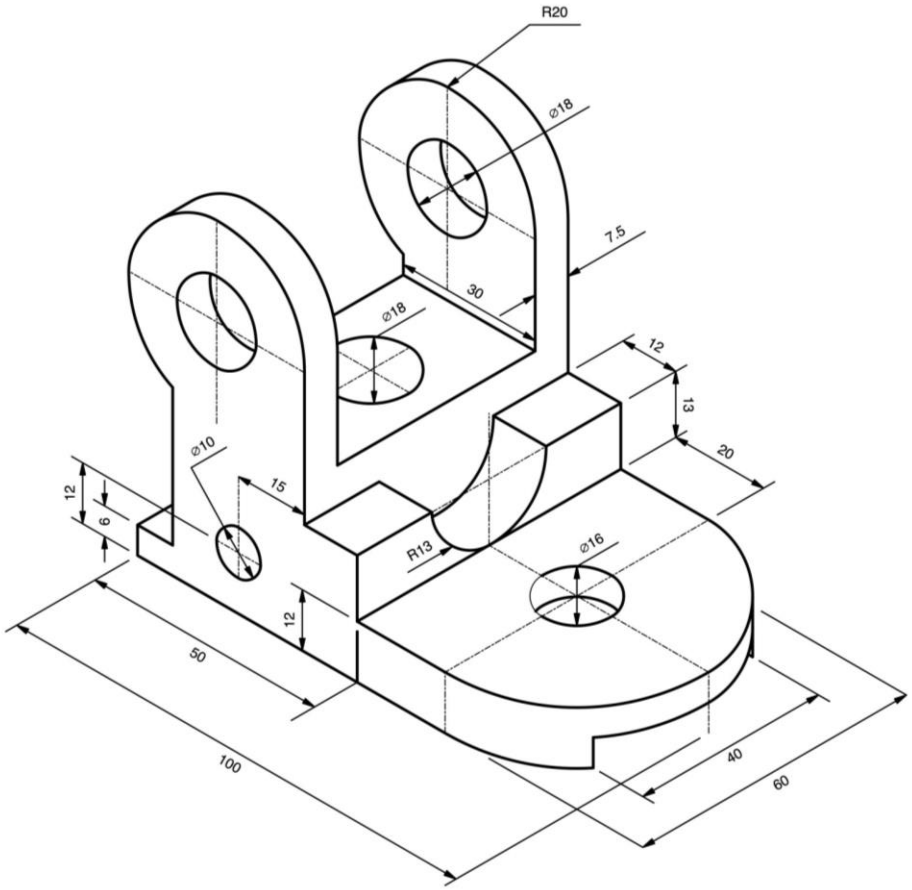
(e)


52
⌀32
⌀45
6
6
38
7
3
R4
20
11.5
⌀14
⌀26
30
10

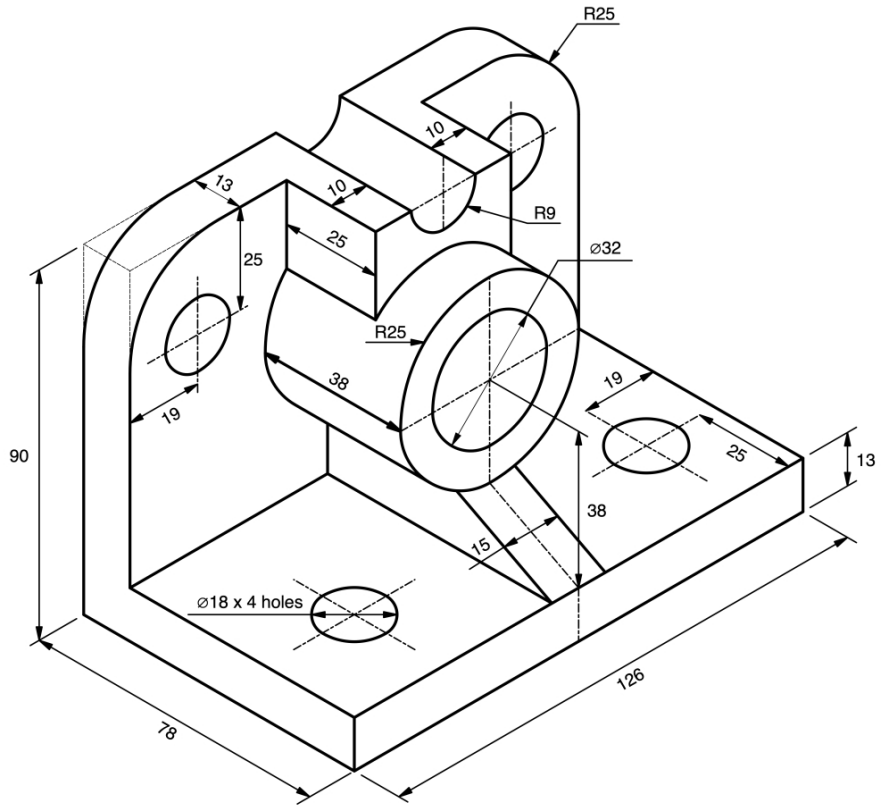
(f)


15
15
15
30
10
5
R30
15
25
⌀10
30
R30
15
40
15
3
40
40

(g)


R20
⌀18
7.5
30
⌀18
12
13
20
⌀10
15
12
6
R13
⌀16
12
50
100
40
60

(h)


R25
10
13
10
R9
25
25
⌀32
R25
38
19
19
25
90
13
38
15
⌀18 x 4 holes
126
78

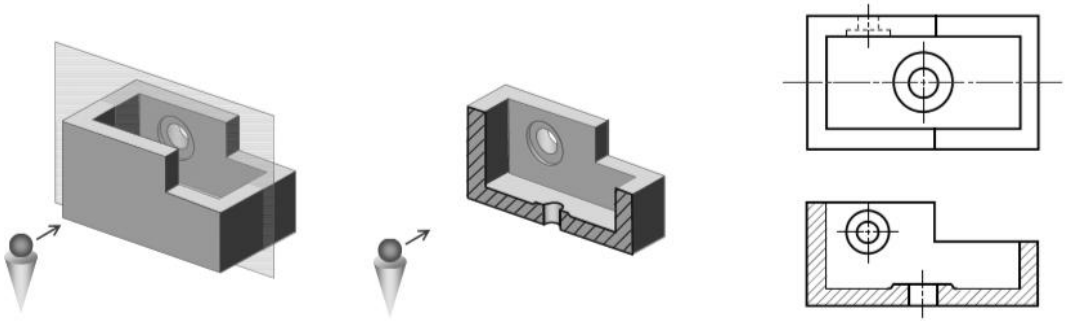
บทที่ 7
การเขียนภาพตัด

ภาคตัด (Section) หรือมุมมองภาพตัด (Sectional views) ใช้ในการแสดงรายละเอียดที่ซ่อนอยู่ให้ชัดเจนมากขึ้น ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ระนาบการตัด (Cutting plane) เพื่อตัดวัตถุ โดยภาคตัด (Section) เป็นมุมมองที่ไม่มีความหนาและแสดงโครงร่างของวัตถุที่ระนาบการตัด ทั้งนี้โครงร่างที่มองเห็นเกินกว่าระนาบการตัดจะไม่ถูกวาดในแบบ มุมมองภาพตัด (Sectional views) จะแสดงโครงร่างของระนาบการตัดและโครงร่างที่มองเห็นได้ทั้งหมดซึ่งสามารถมองเห็นได้นอกเหนือจากระนาบการตัด

ในการปรับปรุงการแสดงภาพด้วยการแสดงคุณสมบัติภายใน (Interior features) มุมมองของภาพตัดจะถูกใช้เมื่อรายละเอียดที่สำคัญซ่อนอยู่ภายในของวัตถุ รายละเอียดเหล่านี้ปรากฏเป็นเส้นที่ซ่อนอยู่โดยแสดงในหนึ่งในมุมมองหลักของภาพฉาย Orthographic ซึ่งรูปร่างของวัตถุไม่ได้รับการอธิบายที่ดีโดยการฉายภาพ Orthographic เพียงอย่างเดียว

7.1 แนวคิดในการสร้างภาพตัด

หลักการของการสร้างภาพตัด คือ การสมมติระนาบตรงขึ้นมาหนึ่งระนาบ แล้วใช้ระนาบนั้นเป็นเสมือนใบมีด ตัด ผ่าวัตถุออก ดังแสดงในรูปที่ 7.1(ก) จากนั้นทำการยกชิ้นส่วนที่ถูกตัดแล้วออกไปดังรูปที่ 7.1(ข) โดยเลือกยกชิ้นส่วนที่บดบังทิศทางการมองวัตถุของผู้สังเกตุ เมื่อผู้สังเกตุมองวัตถุใหม่อีกครั้ง จะพบว่า บริเวณเดิมที่เคยถูกซ้อนและต้องเขียนเป็นเส้นประนั้น กลับกลายมาเป็นพื้นผิวที่ไม่ถูกซ้อนอีก ต่อไปแล้ว ทำให้ภาพฉาย Orthographic ที่เขียนออกมาไม่มีเส้นประ ปรากฏอยู่ดังแสดงในรูปที่ 7.1(ค)



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 7.1 แนวคิดของการสร้างภาพตัดโดยใช้ระนาบสมมติแทนใบมีด (Md. Roknuzzaman, 2017)

7.2 คำนิยาม

7.2.1 Sectioning

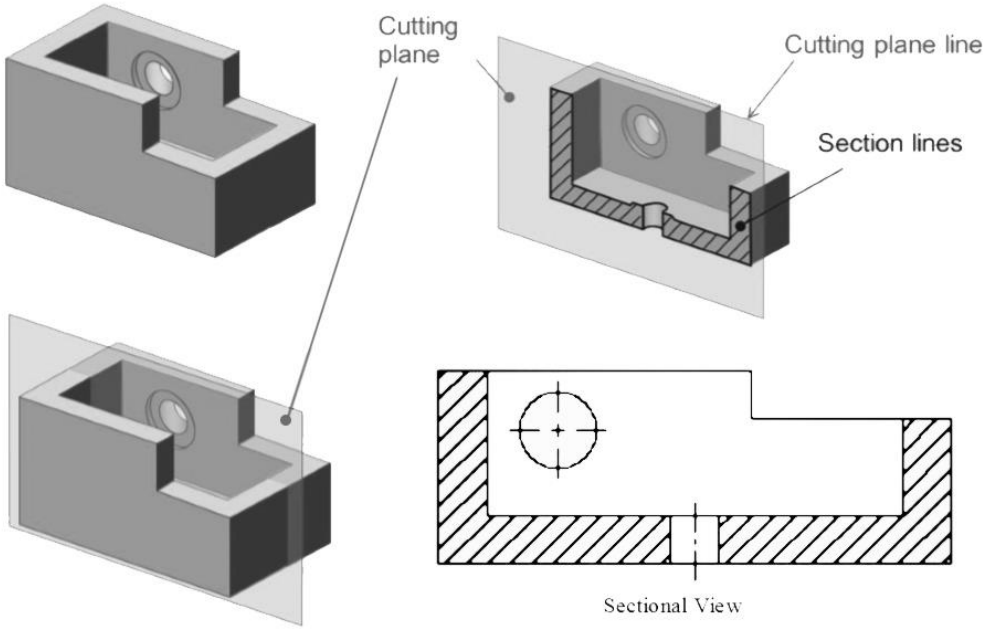
Sectioning เป็นการกำหนดให้เป็นภาพตัดที่เกิดจากวัตถุ เพื่อให้เห็นการตกแต่งภายในหรือเปิดเผยรูปร่างของส่วนที่ตัด

7.2.2 Sectional View

Sectional View เป็นมุมมองของพื้นผิวจินตภาพซึ่งถูกเปิดเผย ทำให้สามารถมองเห็นรายละเอียดภายในได้ บางครั้ง เรียกว่า มุมมองแบบขวางหรือแบบตัดขวาง เป็นมุมมองที่แบ่งส่วนทั้งหมดหรือบางส่วนของมุมมอง

7.2.3 Cutting Plane

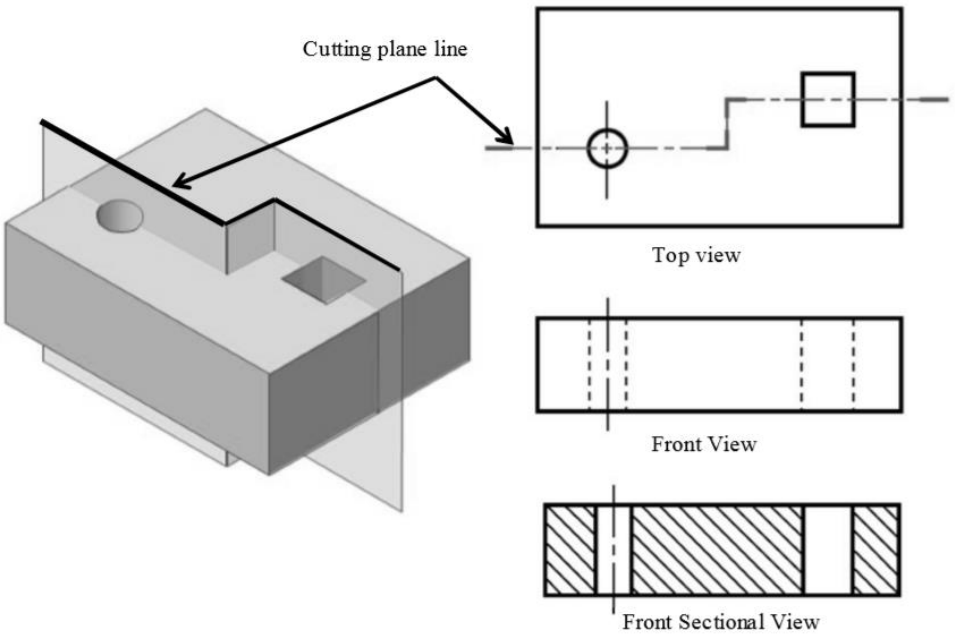
Cutting plane เป็นระนาบที่สมมติขึ้นเพื่อใช้ตัดวัตถุ เพื่อเปิดให้เห็นรายละเอียดด้านในที่ต้องการ (รูปที่ 7.2)



รูปที่ 7.2 ส่วนประกอบของภาคตัดของวัตถุ (Md. Roknuzzaman, 2017)

7.2.4 Cutting Plane Line

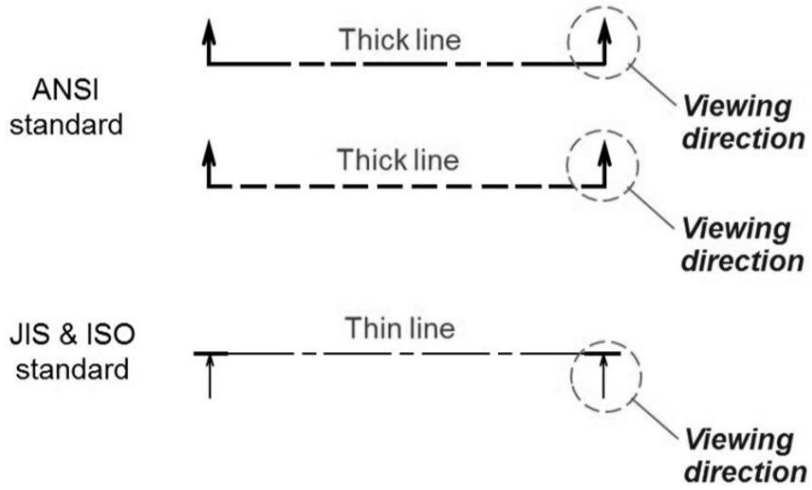
Cutting Plane Line เส้นระนาบการตัดที่ระบุเส้นทางที่ระนาบการจินตนาการเพื่อตัดผ่านวัตถุ โดยสมมติแนวระนาบตัดเป็นใบเลื่อยที่ใช้ตัดวัตถุ เส้นระนาบการตัดมีเส้นประสีดำหนา ดังแสดงในรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3 Section Line และ Sectional View (Md. Roknuzzaman, 2017)

รูปแบบของเส้น Cutting plane line เขียนได้หลายแบบ (ดังแสดงในรูปที่ 7.4) ดังนี้

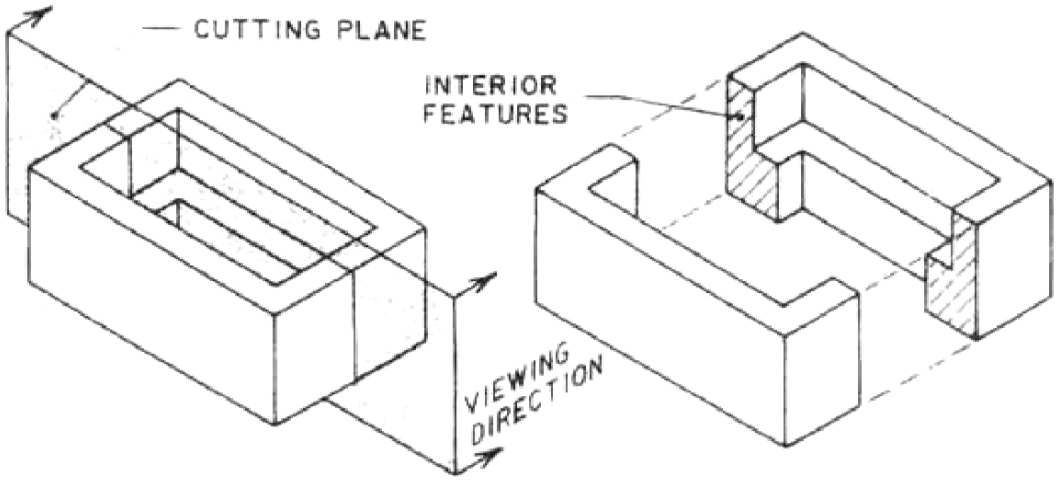
- **เส้น Cutting plane line แบบที่ 1** เขียนด้วยเส้นเข้มมีลักษณะเป็น เส้น ยาว-สั้น-สั้น สลับกันไป โดยต้องเริ่มต้นและจบท้ายด้วยเส้นยาว ที่ปลายทั้งสองด้านของเส้นจะมีหัวลูกศรกำกับอยู่ โดยทิศทางของหัวลูกศรจะชี้ไปในทิศทางที่ผู้สังเกตุจะมองวัตถุเมื่อตัดบางส่วนของวัตถุออกไปแล้ว
- **เส้น Cutting plane line แบบที่ 2** จะเป็นเส้นประเข้มที่มีปลายทั้งสองเป็นหัวลูกศร ซึ่งทิศทางของหัวลูกศรนั้นจะมีความหมายเช่นเดียวกับที่ใช้ในเส้น Cutting plane line รูปแบบที่ 1 นั่นเอง รูปแบบของเส้นทั้งสองแบบนี้เป็นไปตามมาตราฐาน ANSI
- **เส้น cutting plane line แบบที่ 3** จะใช้เส้น Center line ซึ่งเป็นเส้น ยาว-สั้น สลับกันไป โดยที่ ปลายทั้งสองด้านจะมีลักษณะเป็นเส้นเข้มหนา และจะมีหัวลูกศรที่ปลายหรือไม่มีก็ได้ สำหรับเส้นรูปแบบสุดท้ายนี้เป็นเส้นตามมาตราฐาน JIS และจะเป็นรูปแบบที่ใช้ในหนังสือเล่มนี้ด้วย



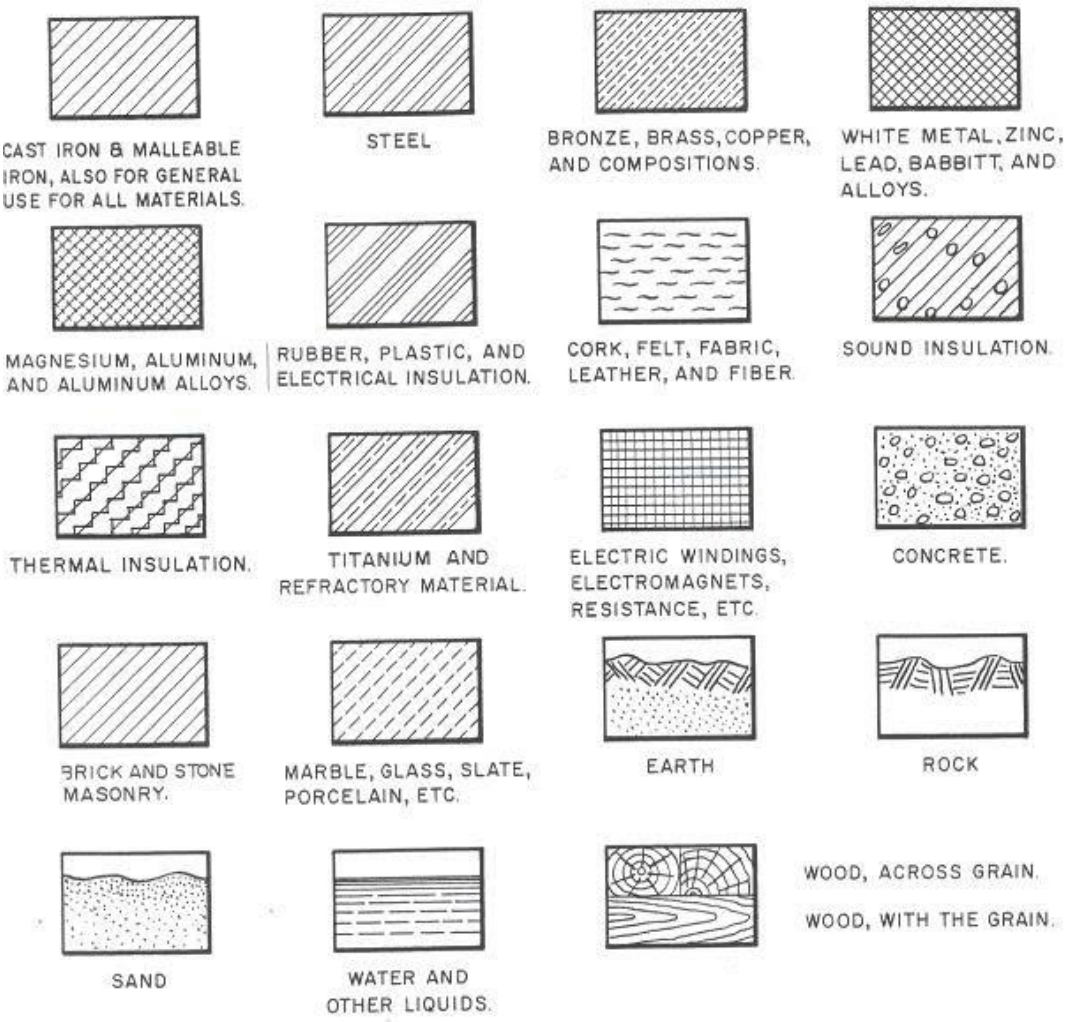
รูปที่ 7.4 มาตรฐาน Cutting Plane Line(Md. Roknuzzaman, 2017)

7.2.5 Section Lining

เส้นตัดหรือเส้นแรเงา (Section line/Hatching) (ดังแสดงในรูปที่ 7.5) เป็นเส้นแรเงาที่ใช้แสดงพื้นผิวของวัตถุที่ถูกตัดด้วย Cutting plane ลักษณะของเส้นที่ใช้เขียน Section line นั้นจะเป็นเส้นอ่อนและมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ไปโดยขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่เขียน ซึ่งตัวอย่างของเส้น Section line สำหรับวัตถุแต่ละชนิดนั้น ได้แสดงไว้ในรูปที่ 7.6



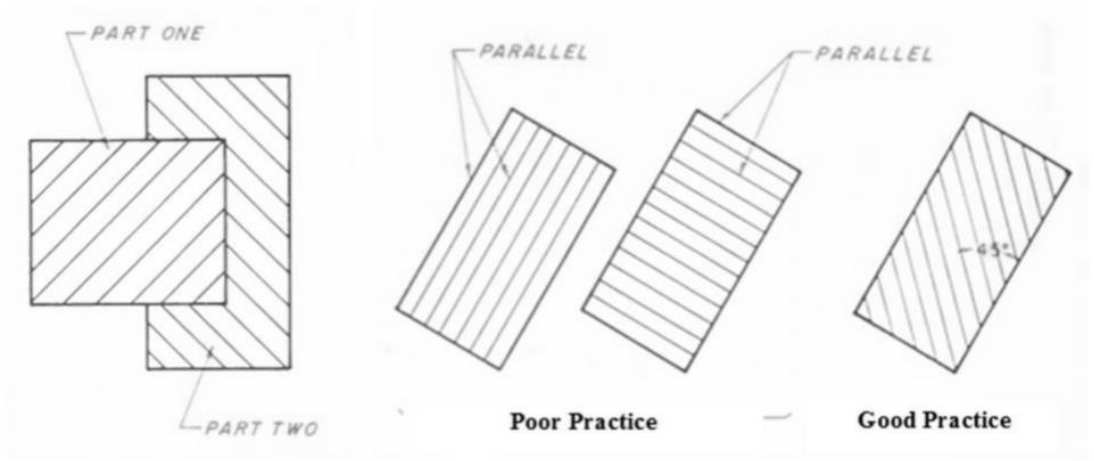
รูปที่ 7.5 Section line (Md. Roknuzzaman, 2017)



รูปที่ 7.6 ตัวอย่างสัญลักษณ์สำหรับ Section line ของวัสดุแต่ละประเภท

(https://sites.google.com/site/chaowpreeya/home/8-phaph-tad, [online])

การเขียนเส้น Section line ให้สวยงามนั้นจะต้องควบคุมระยะห่างระหว่างเส้นให้สม่ำเสมอ ส่วนขนาดของระยะห่างนั้นก็ขึ้นอยู่กับพื้นที่ๆ จะแรเงา ถ้าพื้นที่มีขนาดเล็กระยะห่างระหว่างเส้นก็ควรเขียนให้เล็ก แต่ถ้าพื้นที่ๆ จะแรเงานั้นมีขนาดใหญ่ ระยะห่างระหว่างเส้นก็ควรจะมากขึ้นตามไปด้วย โดยระยะห่างระหว่างเส้นที่แนะนำนั้นควรมีระยะประมาณ 1.5 – 3 มิลลิเมตร ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 7.7

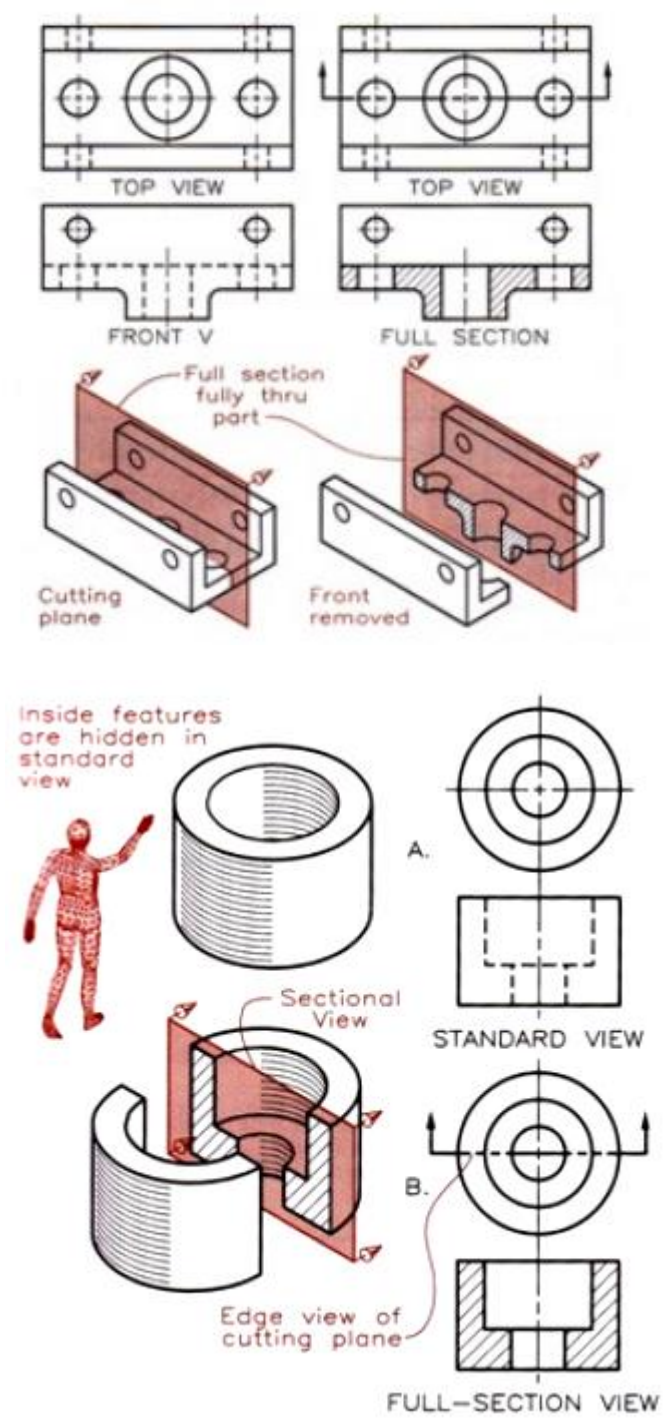


รูปที่ 7.7 ข้อแนะแนะในการเขียน Section Line (Md. Roknuzzaman, 2017)

7.3 ประเภทของรูปตัด (Types of Section Views)

7.3.1 Full Section

ภาพตัดเต็ม (Full Section) เป็นเพียงส่วนหนึ่งของมุมมองหลายมุมมองปกติที่ถูกแบ่งหรือตัดออกเป็นสองส่วนอย่างสมบูรณ์ เมื่อระนาบการตัดผ่านวัตถุทั้งหมดจะได้รับมุมมองแบบเต็ม เส้นที่ซ่อนอยู่ถูกตัดออกจากมุมมองส่วนการเขียนภาพฉายปกติ ถ้าแบบรูปร่างซับซ้อนมองได้ยากโดยเฉพาะรูปร่างภายในของชิ้นงานการใช้ภาพตัดเข้าช่วยในการมองภาพจะทำให้อ่านแบบได้ถูกต้องและรวดเร็วด้วย ดังแสดงในรูปที่ 7.8



รูปที่ 7.8 ภาพตัดเต็ม (Full Section) (University of Florida, 2020)

ขั้นตอนการเขียนภาพตัดเต็ม (Full Section) ดังนี้

(1) การตัดเต็มต้องตัดครึ่งของชิ้นงานแล้วแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ตัดตลอดแนวชิ้นงาน

(2) เส้นตัดเป็นศูนย์กลางใหญ่โดยลากเส้นห่างจากขอบชิ้นงาน 10 มิลลิเมตร เขียนหัวลูกศรที่ปลายเส้นศูนย์กลาง หัวลูกศรต้องใหญ่กว่าหัวลูกศรปกติ 1.5 เท่า และเขียน

ตัวอักษรกำกับไว้ที่ปลายเส้นของเส้นตัดเป็นอักษร เช่น A-A หรือ B-B เพื่อความสะดวกในการอ่านแบบ

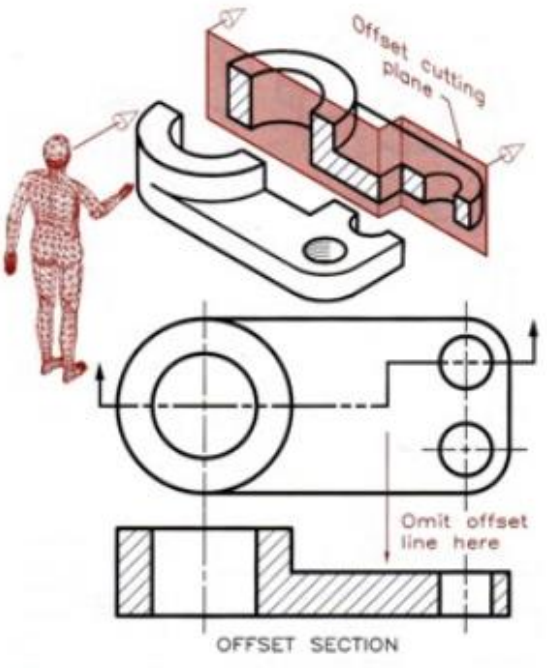
(3) การพลิกภาพขึ้นไปเขียนต้องดูที่หัวลูกศร ถ้าชี้ขึ้นไปทางด้านหน้า ภาพตัดเกิดที่ภาพด้านหน้า ถ้าหัวลูกศรชี้ไปทางภาพด้านข้าง ภาพตัดเกิดที่ภาพด้านข้าง ส่วนภาพที่อยู่บนหัวลูกศรให้พลิกภาพขึ้นไปเขียนภาพ ส่วนภาพที่อยู่หลังหัวลูกศรให้ทิ้งไป

(4) ภาพตัดเขียนคำบรรยายตามอักษรที่เส้นตัดผ่านว่า “Section A-A” หรือ “Section B-B”

(5) ส่วนที่ผ่าถูกเนื้อชิ้นงานให้เขียนเส้นตัดเอียง 45 องศา และส่วนที่ไม่ถูกต้องให้เว้นไว้

7.3.2 Offset Section

หลายครั้งคุณสมบัติที่สำคัญตกหล่นและไม่เป็นเส้นตรงตามที่ได้ทำในภาพตัดเต็ม (Full Section) คุณสมบัติที่สำคัญเหล่านี้สามารถแสดงให้เห็นได้ในภาพแยกแนว (Offset Section) โดยการโค้งงอหรือเยื้องแนวระนาบการตัด ส่วนชดเชยนั้นคล้ายกับส่วนเต็มยกเว้นเส้นตัดระนาบไม่ตรง ภาพตัดแบบแยกแนว (Offset Section) ในการตัดชิ้นงานบางครั้งเราไม่สามารถตัดให้เป็นแนวเส้นตรงได้เพราะเนื่องจากชิ้นงานมีรายละเอียดไม่เหมือนกัน ดังนั้น การที่จะสามารถแสดงรายละเอียดภายในของชิ้นงายเราต้องแยกแนวไปตามลักษณะของชิ้นงาน ซึ่งสามารถนำรายละเอียดมาอยู่ในภาพเดียวได้ ดังแสดงในรูปที่ 7.9



รูปที่ 7.9 ภาพแยกแนว (Offset Section) (University of Florida, 2020)

ขั้นตอนการเขียนภาพแยกแนว (Offset Section) ดังนี้

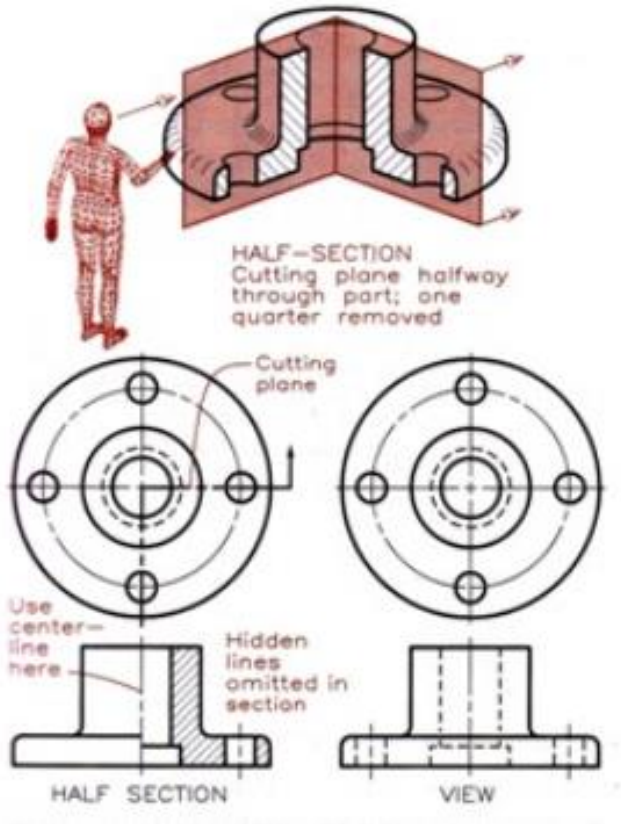
(1) จะเขียนเฉพาะชิ้นงานที่มีรายละเอียดไม่เหมือนกันในงานชิ้นเดียวกัน

(2) กำหนดตำแหน่งหักมุมเพื่อต้องการแสดงรายละเอียดชิ้นภายในภาพ ใช้ผ่าเส้นศูนย์กลางใหญ่และเขียนแนวตัด ไว้ที่ปลายเส้นศูนย์กลางห่างจากขอบชิ้นงาน 10 มิลลิเมตร

(3) ตามความเป็นจริงตำแหน่งที่หักมุมจะเห็นเป็นเหลี่ยมหรือเป็นเส้นขอบ เราจะไม่เขียนเส้นเต็มลงไปในแบบ ให้ถือว่าเป็นเนื้อเดียวกันเหมือนกับการเขียนภาพตัดเต็ม

7.3.3 Half Section

ภาพตัดครึ่ง (Half Section) มุมมองส่วนที่ได้จากการผ่าระนาบการตัดไปครึ่งทางผ่านวัตถุ ในกรณีนี้หนึ่งในสี่ส่วนของวัตถุถูกจินตนาการว่าถูกลบออก มีการเพิ่มระนาบการตัดลงในมุมมองด้านหน้าโดยมีหัวลูกศรเดียวเพื่อระบุทิศทางการมอง ส่วนที่ดีที่สุดควรใช้เมื่อวัตถุนั้นมีความสมมาตรนั่นคือรูปร่างและขนาดเดียวกันที่แน่นอนทั้งสองด้านของแนวระนาบการตัด มุมมองครึ่งส่วนมีความสามารถในการอธิบายทั้งภายในและภายนอกของวัตถุในมุมมองเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 7.10



รูปที่ 7.10 ภาพตัดครึ่ง (Half Section) (University of Florida, 2020)

ขั้นตอนการเขียนภาพตัดครึ่ง (Half Section) ดังนี้

(1) การเขียนภาพตัดครึ่งส่วนมากจะใช้กรณีชิ้นงานที่มีรูปทรงสมมาตรกัน สามารถเห็นทั้งรูปร่างผิวภายนอกและภายใน

(2) เส้นแบ่งครึ่งกึ่งกลางให้ใช้เส้นศูนย์กลางเล็กแทนเส้นเต็ม

(3) เส้นแนวตัดใช้เส้นศูนย์กลางใหญ่ตรงกลางชิ้นงานใช้เส้นหักมุม

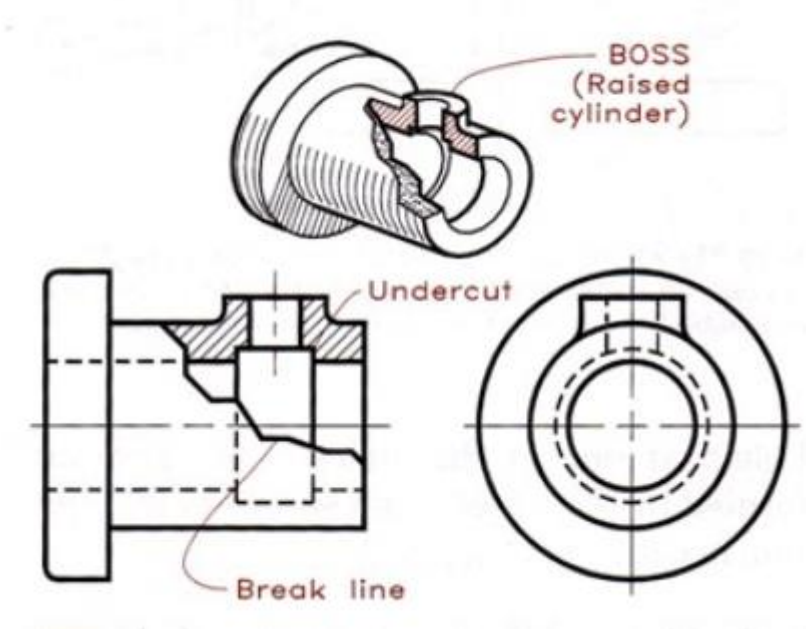
(4) การเขียนภาพตัดครึ่งแนวตั้ง รูปร่างผิวภายนอกจะอยู่ทางซ้ายมือ และรูปร่างผิวภายในจะอยู่ทางขวามือเสมอ

(5) การเขียนภาพตัดครึ่งแนวนอน รูปร่างผิวภายนอกจะอยู่ส่วนบน และรูปร่างผิวภายในจะอยู่ส่วนล่างเสมอ

(6) เส้นประจะไม่แสดงที่ภาพตัดครึ่ง

7.3.4 Broken-out Section

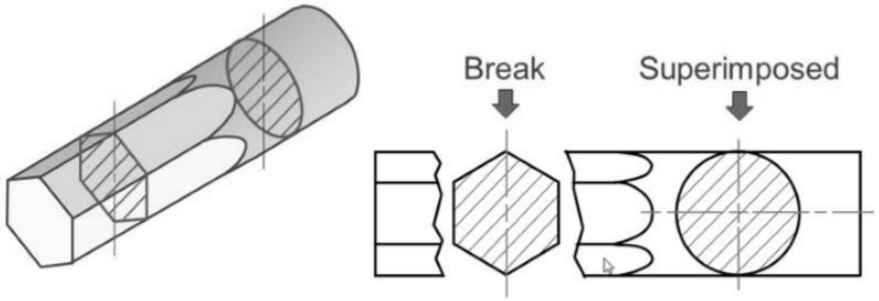
ในบางครั้งจำเป็นต้องแบ่งส่วนพื้นที่ขนาดเล็กเท่านั้นเพื่อทำให้ลักษณะหรือคุณสมบัติเฉพาะเข้าใจง่ายขึ้น ในกรณีนี้ส่วนที่ใช้งานไม่ได้จะถูกใช้ เป็นมุมมองเศษส่วนของวัตถุ ภาพตัดส่วนที่เสียหาย (Broken-out Section) จะมีประโยชน์เมื่อแสดงรายละเอียดการตกแต่งภายในบางส่วน ในกรณีเช่นนี้ส่วนที่แยกออกจะทำโดยตรงจากมุมมองภายนอก ดังแสดงในรูปที่ 7.11 เส้นแบ่งใช้เพื่อแยกส่วนที่แบ่งออกจากส่วนที่ไม่แยกส่วนของมุมมองโดยไม่มีเส้นระนาบการตัด



รูปที่ 7.11 ภาพตัดเฉพาะส่วน (Broken-out Section) (University of Florida, 2020)

7.3.5 Revolved Section

Revolved Section ใช้เพื่อแสดงภาพตัดขวางของกระดูกซี่โครง, เว็บ, บาร์, แขน, ซี่หรือองค์ประกอบอื่น ๆ ที่คล้ายกันของวัตถุ ส่วนที่หมุนแล้วแสดงคุณสมบัติที่ตัดขวางของส่วนหนึ่ง ข้อได้เปรียบที่ดีอย่างหนึ่งของ Revolved Section คือ ไม่จำเป็นต้องมีมุมมองแบบ Orthographic เพิ่มเติม ส่วนนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งเมื่อเขียนภาพตัดขวาง Cross-section เปลี่ยนแปลงไป ระนาบจินตภาพจะถูกฉายผ่านส่วนที่มีการแยกหมวดหมู่จากนั้นส่วนที่ได้รับจะถูกหมุนด้วย 90° ส่วนที่หมุนแล้วจะถูกซ้อนทับบนมุมมองภาพฉาย Orthographic ของตำแหน่งที่มีเส้นแบ่ง ดังแสดงในรูปที่ 7.12



รูปที่ 7.12 การตัดมุมโค้ง (Revolved Section) (Md. Roknuzzaman, 2017)

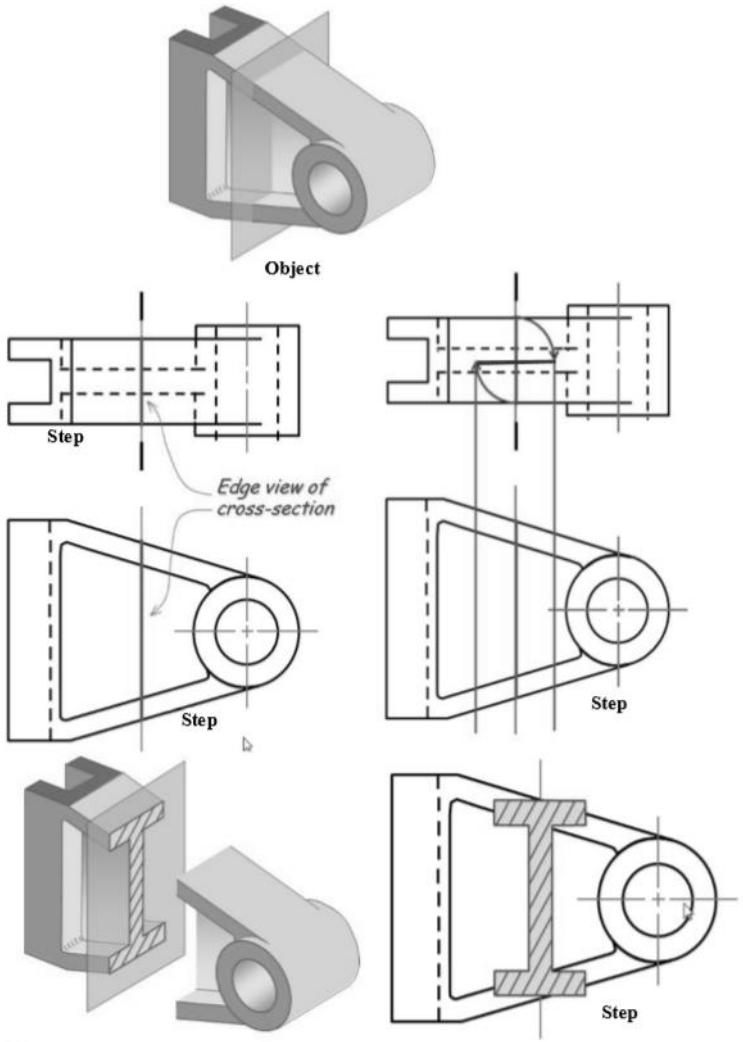
ขั้นตอนการตัดมุมโค้ง (Revolved Section) (ดังแสดงในรูปที่ 7.13) ดังนี้

(1) กำหนดตำแหน่งของระนาบตัดบนมุมมองด้านบนหรือระนาบ

(2) วาดแกนการหมุนในมุมมองด้านหน้า

(3) ถ่ายโอนมิติความลึกไปยังมุมมองด้านหน้า

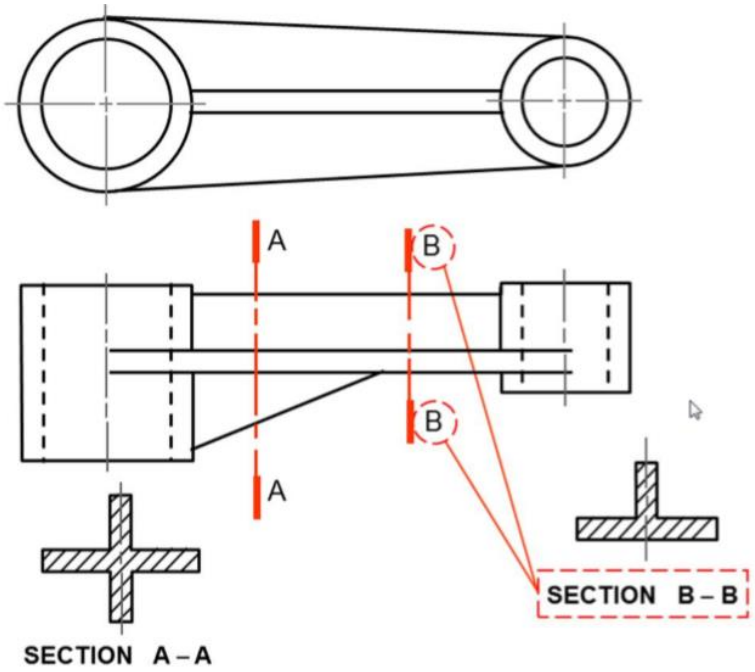
(4) วาดส่วนที่หมุนแล้วในมุมมองด้านหน้าที่ล้อมรอบด้วยเส้นที่ระบุมิติความลึก



รูปที่ 7.13 ขั้นตอนการตัดมุมโค้ง (Revolved Section) (Md. Roknuzzaman, 2017)

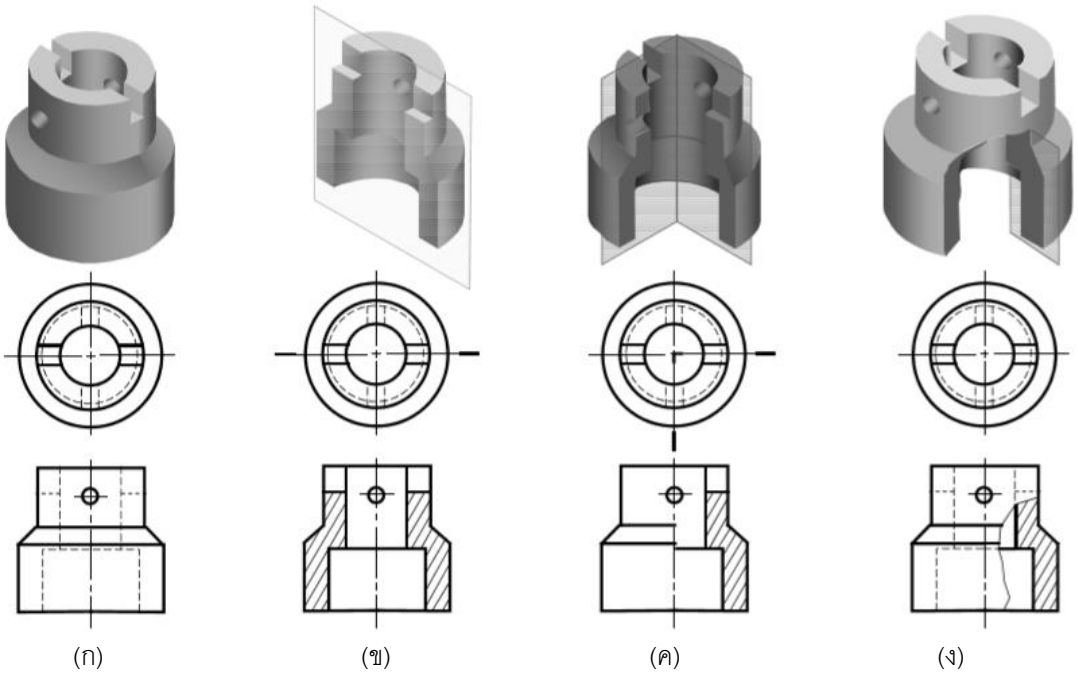
7.3.6 Removed Section

Removed Section มีแนวโน้มที่จะสร้างความสับสนและมักจะสร้างปัญหาให้กับคนที่ต้องตีความแบบ วิธีการนี้จะคล้ายกับ Revolved Section ยกเว้นการดึงภาพออกจากมุมมองปกติ โดยจะต้องระบุเส้นตัดระนาบที่ใช้ ดังแสดงในรูปที่ 7.14



รูปที่ 7.14 ภาพตัดเคลื่อนที่ (Remove Section) (Md. Roknuzzaman, 2017)

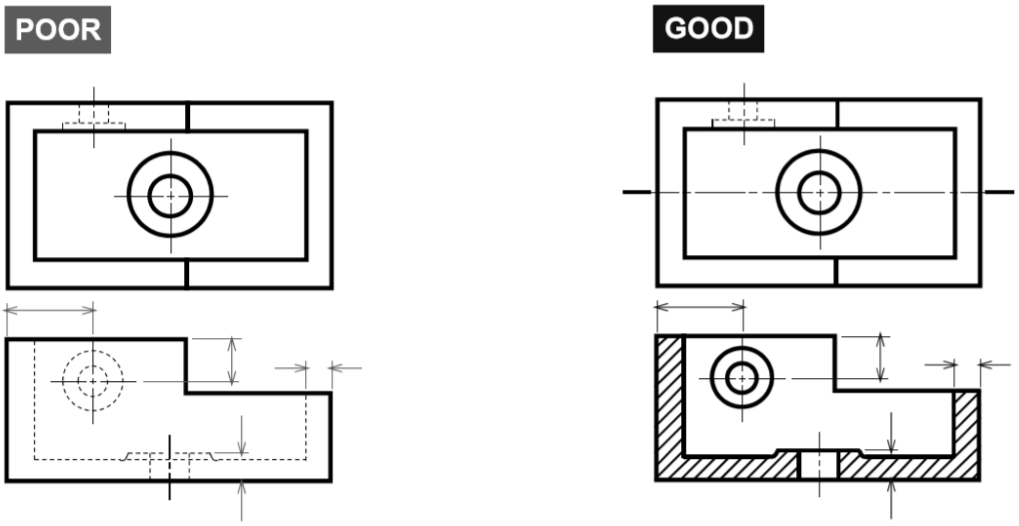
เพื่อให้เข้าใจภาพตัดชนิดต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วได้ดียิ่งขึ้น ขอให้ดูภาพเปรียบเทียบการใช้เทคนิคการแสดงภาพตัดประเภทต่างๆ กับวัตถุตัวอย่าง ดังที่แสดงในรูปที่ 7.15



รูปที่ 7.15 การเปรียบเทียบภาพตัดชนิดต่าง ๆ (Md. Roknuzzaman, 2017)

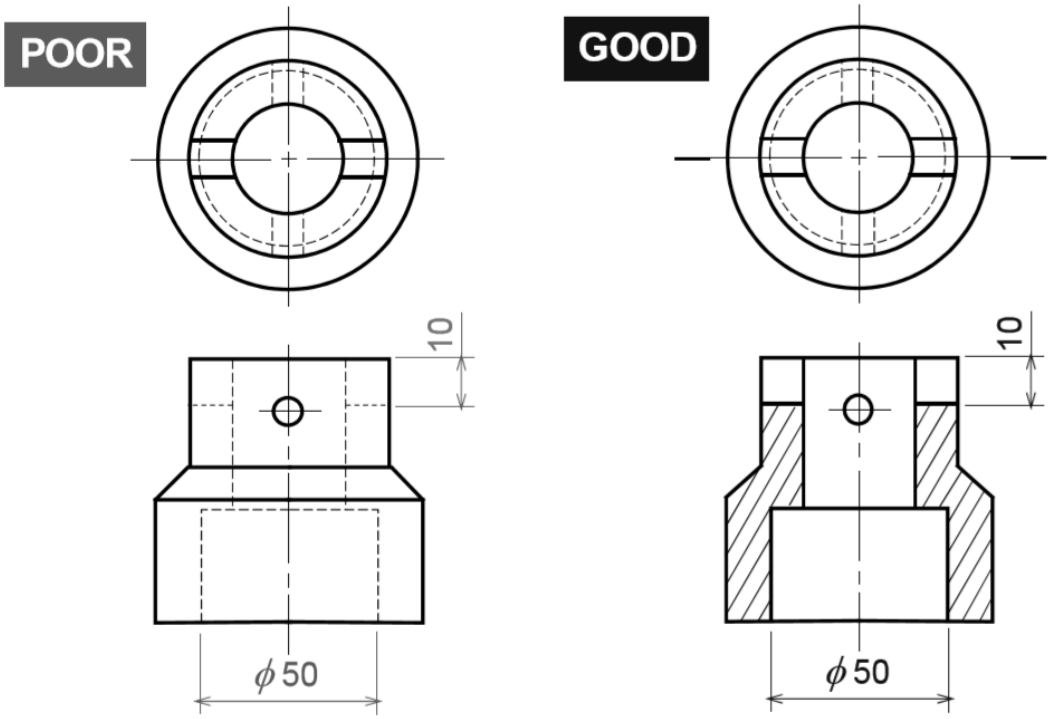
7.4 การบอกขนาดในภาพตัด

การบอกขนาดในภาพตัดนั้นจะใช้หลักเกณฑ์เช่นเดียวกันกับที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 7 เพียงแต่ในบางครั้งนั้นการสร้างภาพตัดแล้วบอกขนาดจะช่วยให้ผู้เขียนแบบไม่ต้องบอกขนาดกับเส้นประในรูปได้ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 7.16 และ 7.17



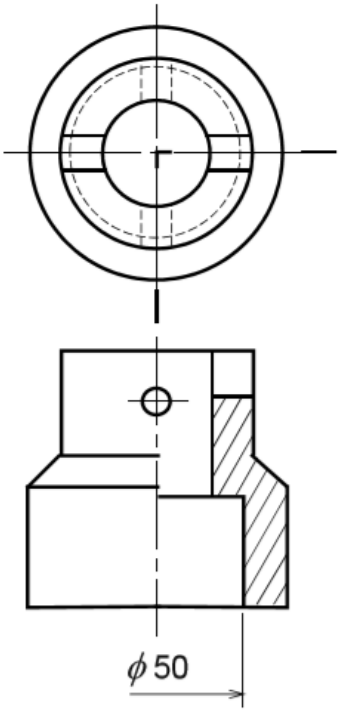
รูปที่ 7.16 ตัวอย่างการบอกขนาดในภาพ Orthographic เมื่อใช้เทคนิคภาพตัดมาช่วย

(จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)



รูปที่ 7.17 การบอกขนาดในภาพตัด (จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย, 2550)

ในกรณีภาพตัดแบบ Half section สามารถบอกขนาดด้วยการใช้เส้น Dimension line ที่มีหัวลูกศร ด้านเดียวที่ชี้บอกขนาดไปยังตำแหน่งภายในวัตถุได้ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 7.18



รูปที่ 7.18 การบอกขนาดในภาพตัดแบบ Half section (Md. Roknuzzaman, 2017)

7.5 กฎเกณฑ์การเขียนภาพตัด

(1) เส้นแสดงแนวตัด (Cutting plane) ใช้ศูนย์กลางใหญ่ (0.5) เป็นเส้นแสดงแนวตัด

(2) เส้นตัด (Section Line) จะเอียงทำมุมกับชิ้นงาน 45 องศา เส้นตัดจะเขียนด้วยเส้นเต็มบาง (0.25) โดยมีระยะห่างระหว่างเส้นตัดจะต้องมีระยะห่างเท่ากันตลอดในพื้นที่หน้าตัดเดียวกัน พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานเล็กระยะห่างระหว่างเส้นลายตัดจะแคบเท่าพื้นที่ใหญ่กว่า ฉะนั้น ระยะห่างของเส้นตัดขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน

(3) ชิ้นงานประกอบกันหลายชิ้นแล้วถูกตัด จะต้องเขียนเส้นตัด(Section Line) ไปคนละทิศทางกันระยะห่างระหว่างเส้นตัดให้ห่างกัน

(4) ชิ้นงานพื้นที่หน้าตัดแคบถ้าชิ้นงานมีพื้นที่หน้าตัดแคบ เช่น แผ่นโลหะบางไม่ต้องแสดงเส้นตัดแต่ใช้วิธีเขียนระบายพื้นที่หน้าตัดทึบ พื้นที่โลหะที่ประกอบกันจะต้องมีช่องว่างแบ่งลักษณะของพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานชั้น

(5) การกำหนดในภาพตัด กรณีที่ไม่สามารถบอกนอกภาพตัดได้ การกำหนดขนาดในภาพตัดจะต้องเว้นช่องลายตัดสำหรับตัวเลขบอกขนาด ในกรณีการเขียนภาพตัดไม่

ต้องเขียนเส้นประ ยกเว้นในกรณีให้มีเส้นประได้ จะสามารถอ่านแบบได้ง่ายมากขึ้น มักใช้กับชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน

(6) ชิ้นส่วนเครื่องกลยกเว้นไม่แสดงลายตัด สำหรับชิ้นส่วนเครื่องกลอันประกอบด้วย เพลา นัต สกรู ลูกปืน ลิ่ม สลัก หมุดย้ำ แหวนรองชิ้นส่วนดังกล่าวจะไม่แสดงลายตัดเพื่อช่วยให้อ่านแบบง่ายขึ้น

(7) ชิ้นงานที่มีครีบจะไม่แสดงลายตัดที่ครีบ จะเว้นว่างไว้

(8) การเขียนชิ้นงาน เช่น ซี่ล้อ พลูเลย์ พวงมาลัย ถ้าตัดตามแนวตัดจะยุ่งยากในการอ่านแบบและเขียนแบบ

(9) การเขียนเส้นตัดชิ้นงานประกอบกับเส้นตัดไปคนละทางกัน และเส้นลายควรเลือกให้ได้สัดส่วนกับพื้นที่ ที่ถูกตัด ถ้าเป็นพื้นที่ใหญ่ การเขียนเส้นตัดให้เขียนเป็นเส้นสั้นๆ ติดกับเส้นขอบ

(10) การเขียนภาพตัดที่เป็นชิ้นงานเดียวกัน ต่างระนาบกัน แต่ระนาบขนานกันและอยู่ติดกัน เส้นลายตัดต้องมีระยะห่างเท่ากัน และต้องเขียนกลับกันเพื่อให้เห็นตำแหน่งที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน

(11) การเขียนภาพตัดที่มีระนาบต่างกันและเอียงทำมุมเมื่อเขียนภาพตัดจะอยู่ในระนาบเดียวกัน

(12) การเขียนภาพตัดแสดงภาพตัดจริง ภาพตัดจะดูไม่เหมาะสม ควรมีการจัดภาพตัดเสียใหม่โดยหมุนแนวตัดให้อยู่ในแนวระนาบ

(13) พื้นที่หน้าตัดของชิ้นส่วนจะแสดงไว้ในภาพได้ โดยการตัดแล้วหมุนภาพไปวางไว้ในชิ้นส่วนนั้นโดยใช้เส้นเต็มบางแล้วจะเห็นพื้นที่หน้าตัดตรงส่วนนั้นว่าเป็นแบบใด

(14) ถ้าต้องเขียนรูปให้ติดกับชิ้นส่วนข้างเคียง ต้องเขียนด้วยเส้นเต็มบาง และชิ้นส่วนข้างเคียงต้องไม่บังชิ้นส่วนที่ถูกต้อง แต่ชิ้นส่วนที่ถูกต้องสามารถบังชิ้นส่วนข้างเคียงได้

(15) เส้นแสดงรอยต่อของชิ้นงานซึ่งแสดงให้เห็นว่ารอยต่อเป็นเส้นต้อหรือมุมโค้ง จะแสดงด้วยเส้นเต็มบาง

(16) พื้นที่สี่เหลี่ยม สี่เหลี่ยมเอียง (Tapered Square) หรือพื้นที่ราบบนชิ้นงานกลม ให้แสดงโดย การเขียนเส้นทแยงมุมทั้งสองข้างของสี่เหลี่ยมด้วยเส้นเต็มบาง

(17) ส่วนที่อยู่หลังระนาบตัด ถ้าจำเป็นต้องแสดงส่วนที่อยู่หน้าภาพตัด ซึ่งปกติถูกตัดออกไป แต่ต้องแสดงรายละเอียดไว้ที่ภาพตัด เพื่อต้องการมองภาพที่ชัดเจนขึ้นควรใช้เส้นศูนย์กลางเล็ก

(18) การแสดงภาพตัดชิ้นงานที่มีรูปทรงสมมาตรกัน เพื่อประหยัดพื้นที่ที่เขียนแบบรูปทรงให้สมมาตรกัน ให้แสดงไว้เพียงส่วนเดียว และเพื่อแสดงรูปทรงสมมาตรกันให้ขีดเส้นขนานสั้นๆ ไว้ที่เส้นผ่านศูนย์การทั้งสองข้าง

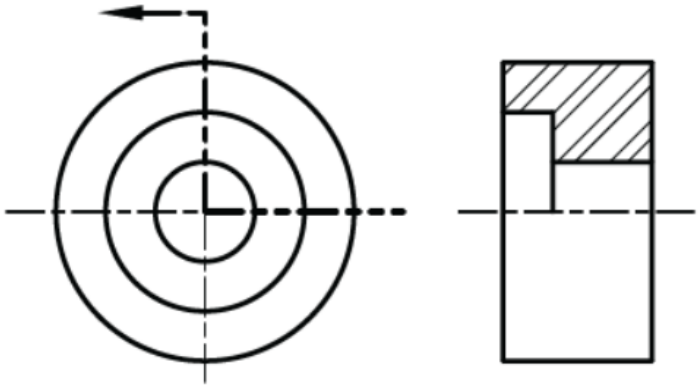
(19) การเขียนเส้นเกลียวนอกเหนือจากที่มองเห็น ให้ใช้เส้นเต็มหนักเป็นเส้นยอดเกลียว และเส้นเต็มบางเป็นเส้นโคนเกลียว การเขียนเกลียวที่ภาพด้านข้างเส้นโคนเกลียวให้ใช้เส้นเต็มเบาโดยเขียนเพียง ¾ ของวงกลม

(20) การเขียนภาพตัดเกลียวใน ให้แสดงลายตัดจนถึงยอดเกลียว เส้นสั้นสุดของเกลียวใช้เส้นเต็มหนัก และเส้นที่เขียนวงกลมเขียนด้วยเส้นเต็มเบา เขียนเพียง ¾ ของกลม แต่ถ้าเป็นภาพฉายเขียนเกลียวให้ใช้เส้นประโดยเขียนสลับขนานกัน

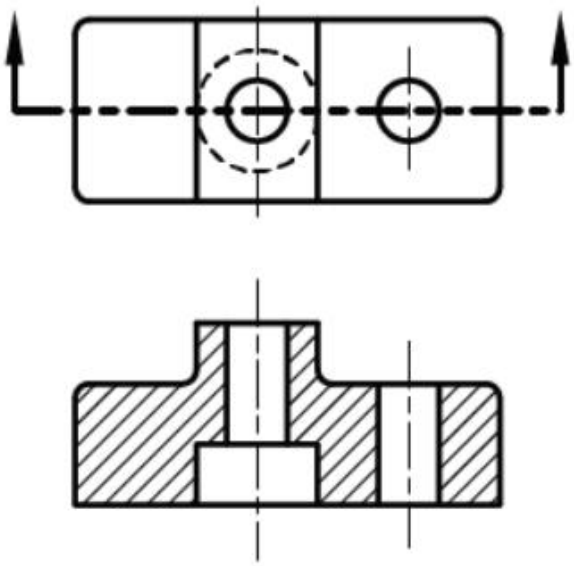
(21) ในกรณีที่เส้นเกลียวในและเกลียวนอกทับกัน จากการเขียนภาพตัดประกอบให้เขียนเป็นเส้นเกลียวนอก ส่วนที่เหลือเป็นเกลียวในและเส้นสั้นสุดของเกลียวในให้ใช้เส้นเต็มหนัก

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 7

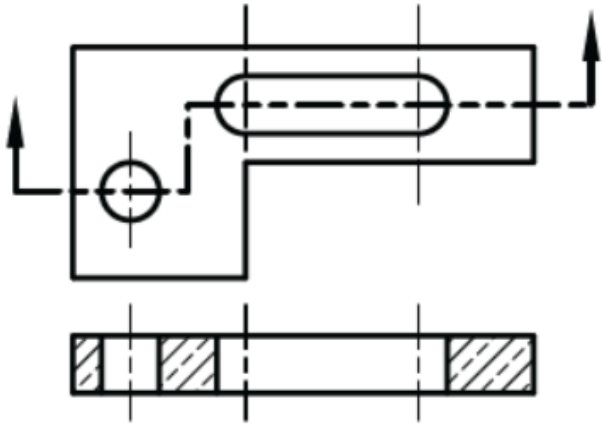
(1) จงระบุว่ารูปต่อไปนี้เป็นภาพตัดประเภทใด



(a) .....



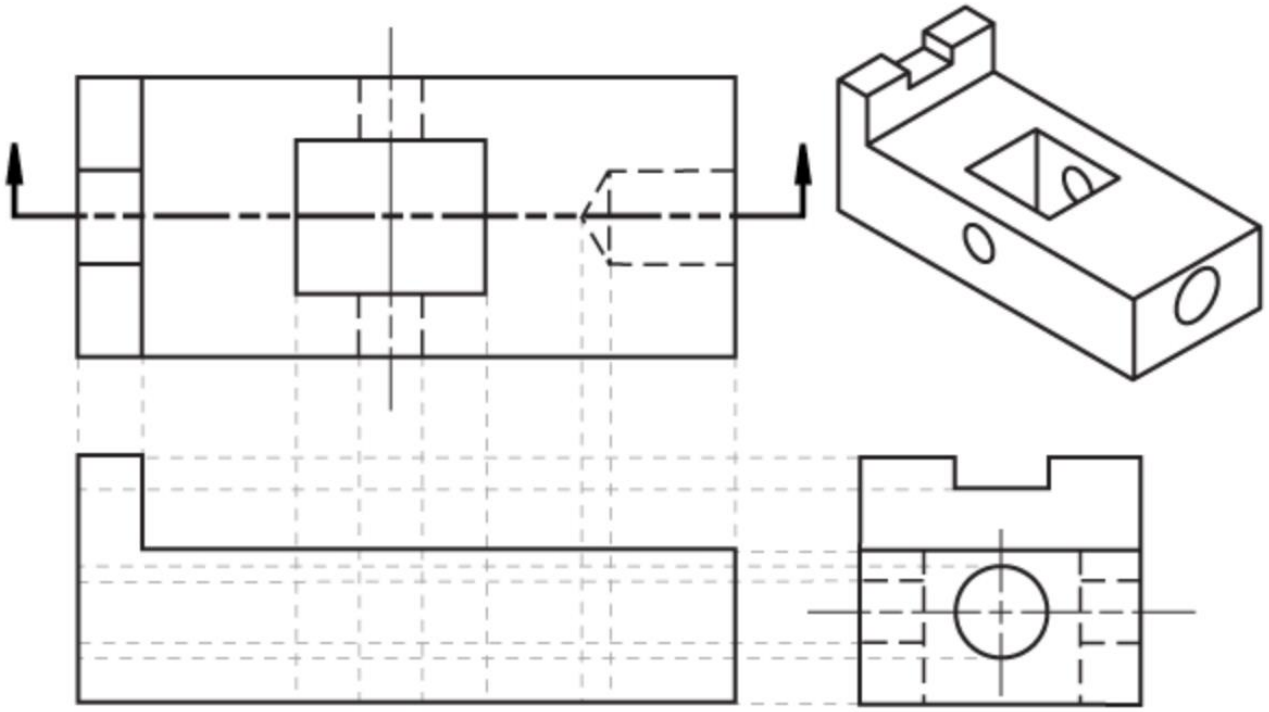
(b) .....



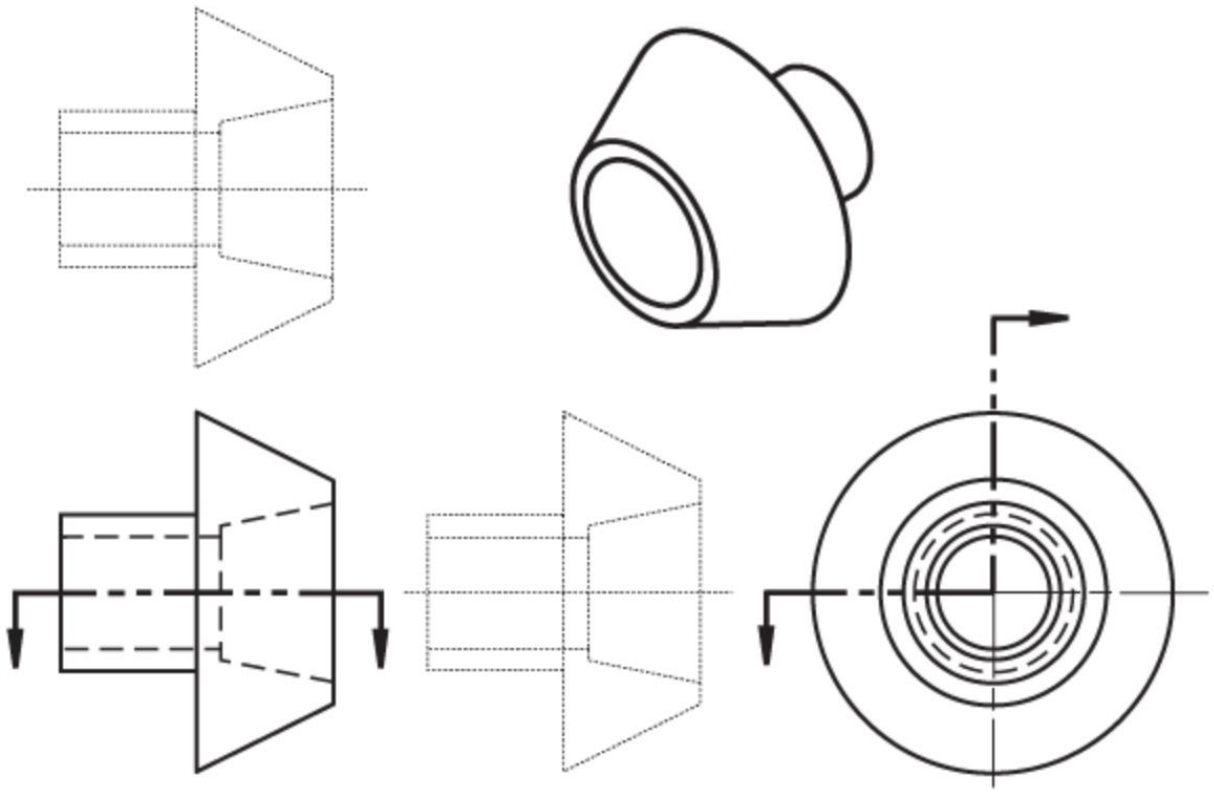
(c) .....

(2) จงเขียนภาพตัดดังต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

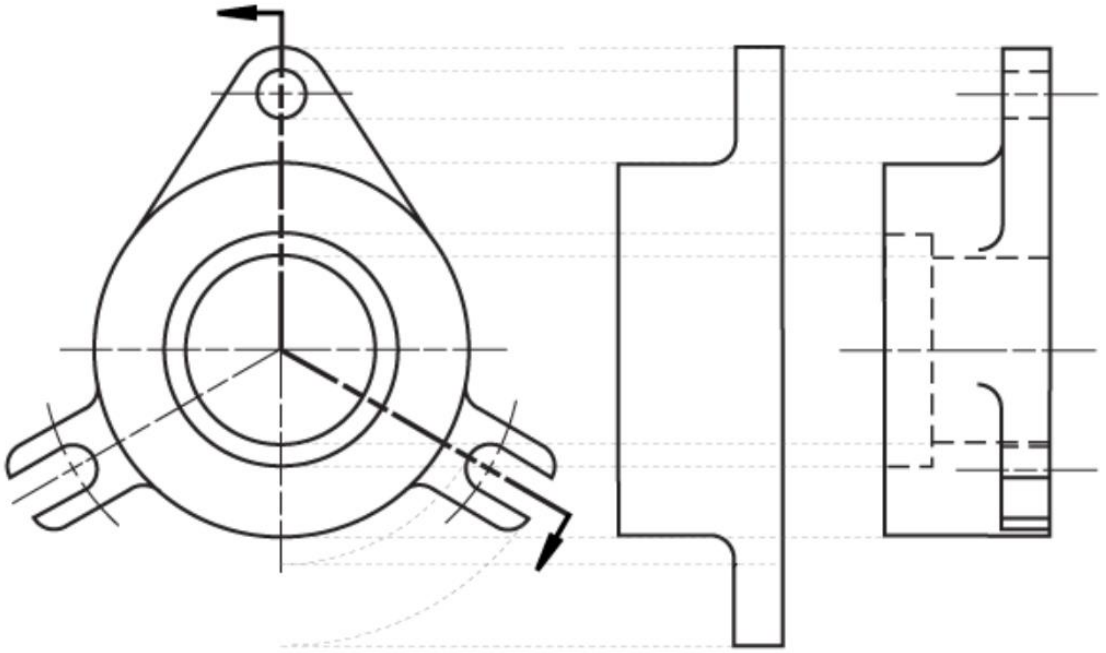
(a)



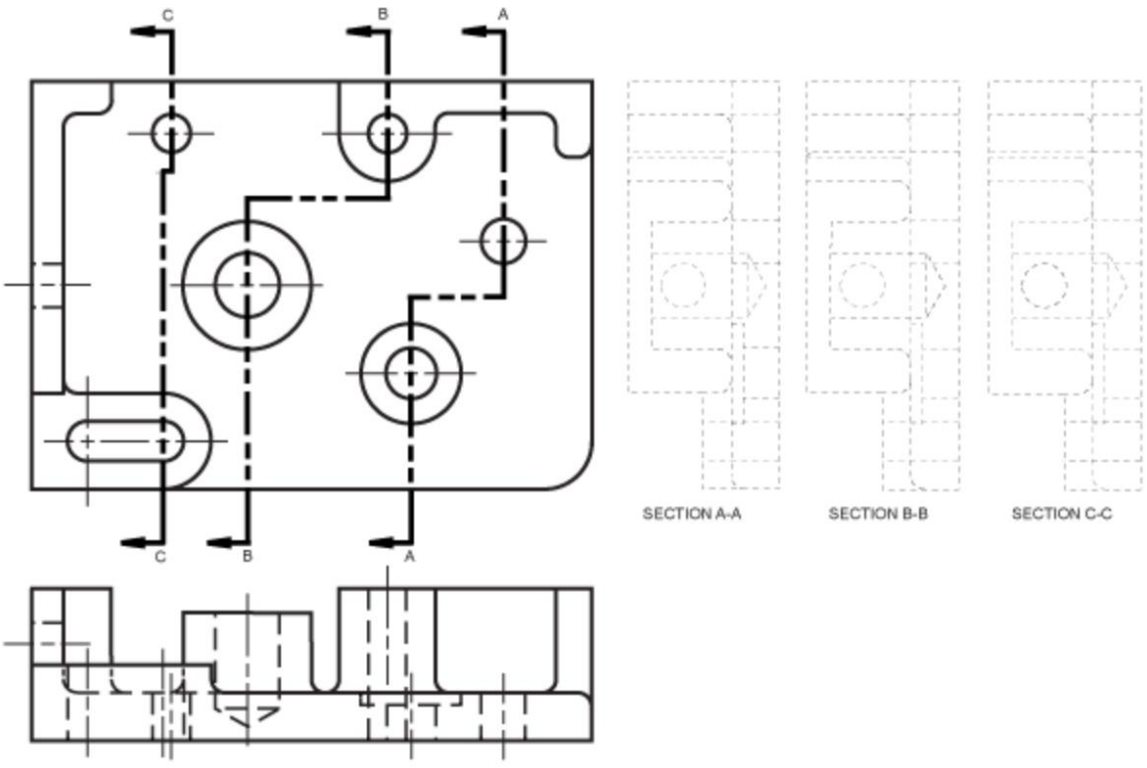
(b)



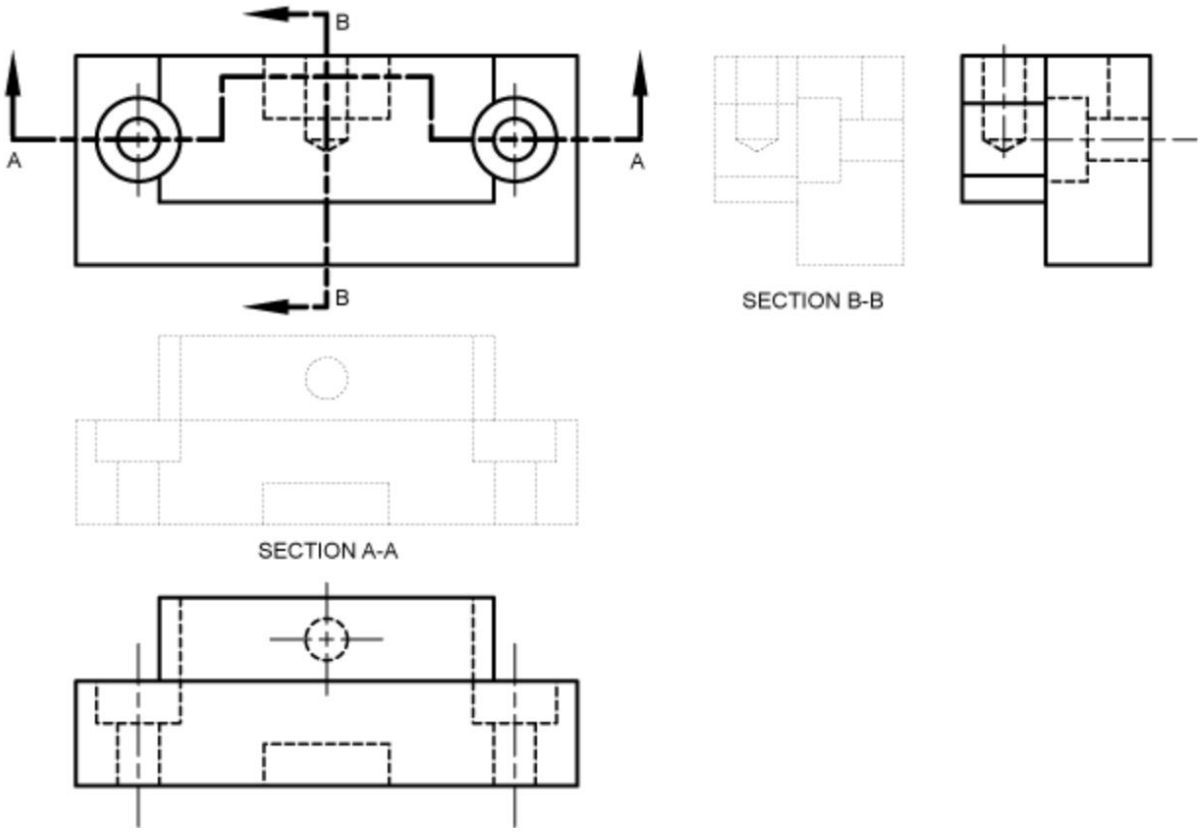
(c)



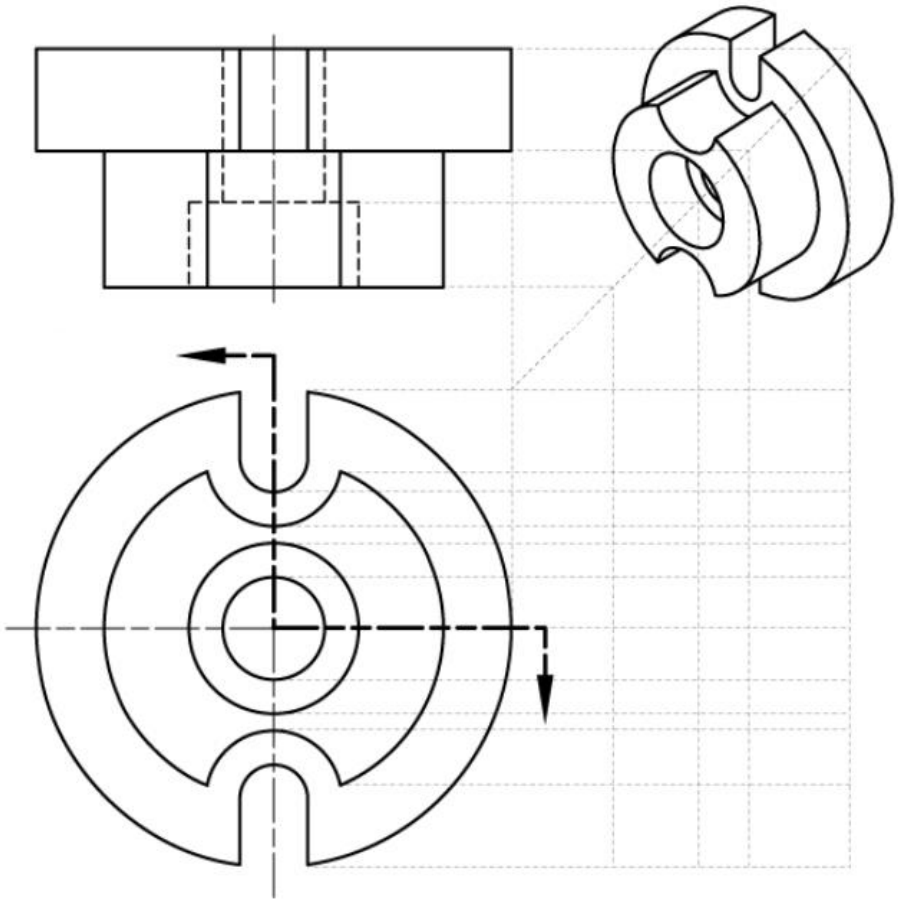
(d)



(e)



(f)



บทที่ 8
การเขียนร่างด้วยมือหรือการสเก็ตช์ภาพ

การสสเกตช์ภาพ (Freehand Sketch) การสสเกตช์ภาพ คือการเขียนภาพโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือเขียนแบบ ใช้เพียงดินสอเขียนด้วยมือเปล่า เพื่อเป็นการแสดงภาพคราวๆ แสดงความคิดออกเป็นแบบงาน ซึ่งนักออกแบบส่วนใหญ่มักจะออกแบบมาเป็นภาพสเกตช์ก่อนที่จะนำมาเขียนเป็นภาพหรือแบบที่สมบูรณ์ต่อไปเพื่อให้แน่ใจว่าแบบงานนั้นถูกต้องแน่นอนแล้ว

การสเกตช์ภาพสามารถแก้ไขได้ในทันใดจากผู้ออกแบบถ้าเห็นว่าแบบงานนั้นไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสม นอกจากนี้การสเกตช์ยังสามารถกระทำได้โดยไม่จำกัดสถานที่ เช่น สเกตช์ภาพชิ้นงานที่ต้องเคลื่อนย้ายลำบากภายในโรงงานหรือสเกตช์ชิ้นงานภายในห้องเขียนแบบ เป็นต้น การสเกตช์ภาพสามารถทำได้โดยอาศัยอุปกรณ์ต่างๆ เข้าช่วย นอกจากนี้ถ้าเป็นการสเกตช์ภาพจากชิ้นงานจริง จะต้องใช้เครื่องมือวัดต่างๆ ด้วยภาพที่ได้จากการสเกตช์วิศวกรออกแบบ วิศวกรฝ่ายผลิต วิศวกรฝ่ายขาย และฝ่ายอื่นๆ จะร่วมกันพิจารณาถึงความเหมาะสมอีกทีหนึ่ง เพื่อพิจารณาแก้ไขจุดบกพร่องต่างๆ จนกระทั้งทุกฝ่ายเห็นว่าเหมาะสมที่สุดแล้ว ช่างเขียนแบบจึงนำภาพสเกตช์นั้นไปเขียนเป็นแบบที่สมบูรณ์เพื่อทำการผลิตต่อไป

การสเก็ตช์ภาพด้วยมือเปล่าถือเป็นทักษาที่สำคัญอย่างหนึ่งที่วิศวกรควรจะต้องทำการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง การร่างภาพด้วยมือเปล่าเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการสื่อสารความคิดโดยไม่คำนึงถึงสาขาการศึกษา

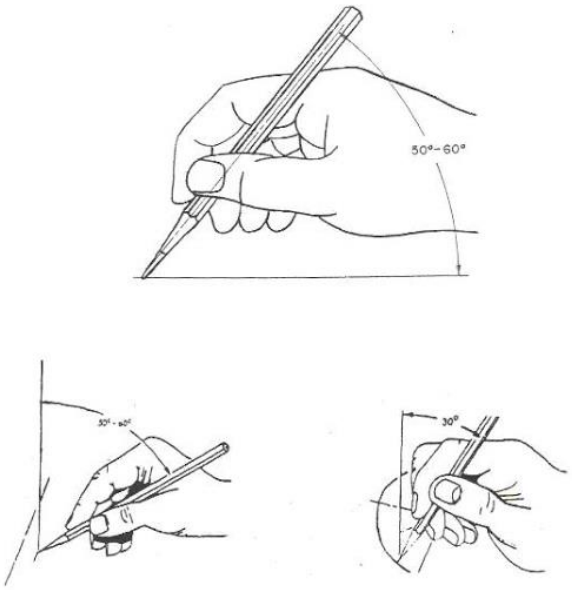
8.1 วิธีลากเส้นสเก็ตช์

หลักการพื้นฐานของการวาดที่ใช้ในการร่างภาพด้วยมือเปล่าคล้ายกับที่ใช้ในการวาดด้วยเครื่องมือ แต่มีหลักการสำคัญ คือ จะต้องไม่ลากเส้นย้ำๆ เส้นเดิมเพื่อให้ได้แนวเส้นที่ต้องการ แต่ต้องลากเพียงครั้งเดียวเท่านั้น (Single stroke) เพราะจะทำให้รูปนั้นสะอาดตา และทำให้การใช้รูปดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์สามารถทำได้โดยง่ายโดยไม่สับสนกับอื่นๆ ที่เกิดขึ้น การที่จะสเก็ตช์ภาพได้อย่างเรียบร้อยนั้นต้องอาศัยการฝึกฝน

ดินสอที่ใช้ในการสเกตภาพนั้นควรใช้เกรด HB หรือ F โดยจับดินสอให้ห่างจากปลายดินสอประมาณ 30-40 มิลลิเมตรขณะที่ลากเส้นสเกตภาพควรหมุนดินสอตามไปด้วย เพื่อทำให้ปลาย

ดินสอแหลมอยู่เสมอ ทำให้เส้นที่ลาดคม ชัดเจน นำหนักของเส้นที่ใช้ในการลากเส้น (ดังแสดงในรูปที่ 8.1) ในการสเกตภาพมี 2 ระดับคือ

- **เส้นหนัก** ใช้เขียนเส้นรอบรูป เส้นประ เส้นแนวตัด
- **เส้นเบา** ใช้เขียนเส้นศูนย์กลาง เส้นบอกขนาด เส้นช่วยบอกขนาด



รูปที่ 8.1 ลักษณะการจับดินสอในการสเกตภาพ

(https://sites.google.com/site/chaowpreeya/home/7-sket-phaph,[online])

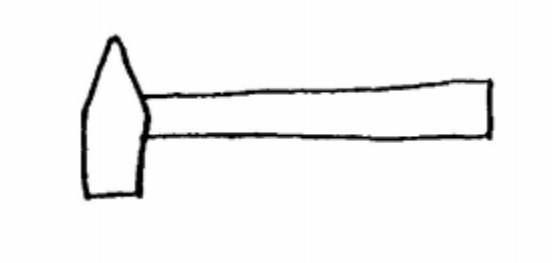
การสเกตซ์โดยทั่วไปนั้น ผู้เขียนจะต้องมีความชำนาญในการเขียนเส้นแนวต่างๆ จนเกิดความชำนาญ เช่น เส้นตรงแนวนอน เส้นตรงแนวตั้งฉาก เส้นตรงแนวเอียง ตลอดจนเส้นโค้ง วงกลม และอื่นๆ ซึ่งหลักของการสเกตซ์ภาพนั้นมี 2 ขั้น ตอนคือ ร่างแบบ (Layout) ให้ได้สัดส่วน และลงเส้นรูป (Complete Line) เมื่อเห็นว่าภาพถูกต้องแล้ว ในการสเกตซ์ภาพนิยมลากเส้นตามความถนัดของแต่ละบุคคล ซึ่งมีอยู่ 4 แบบคือ

- ลากเส้นอย่างอิสระแบบต่อเนื่อง (Freely)
- ลากเส้นโดยกำหนดจุดเริ่มและจุดสิ้นสุด (Dash to Dash)
- ลากเส้นเป็นช่วงจังหวะ (Separated Strokes)
- ลากเส้นเป็นจังหวะต่อเนื่อง (Continue)

8.2 รูปแบบของภาพร่าง (ภาพสเกตช์)

8.2.1 ภาพร่างภาพฉายหนึ่งด้าน

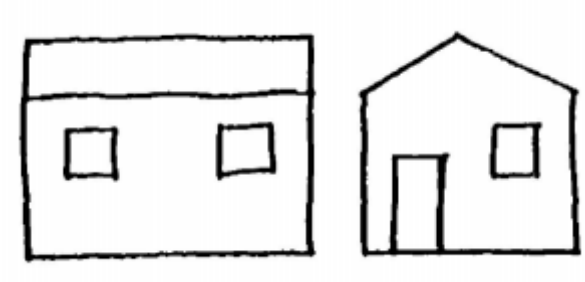
ภาพร่างภาพฉายหนึ่งด้าน (Orthographic projection) ใช้แสดงภาพที่สื่อความหมายสมบูรณ์ด้วยการมองเพียงด้านเดียว ซึ่งอาจเป็นด้านหน้า หรือด้านข้าง ด้านใดด้านหนึ่งซึ่งสามารถแสดงแนวคิดได้สมบูรณ์ที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 8.2



รูปที่ 8.2 ภาพร่างภาพฉายหนึ่งด้าน

8.2.2 ภาพร่างภาพฉายสองด้าน (Orthographic projection)

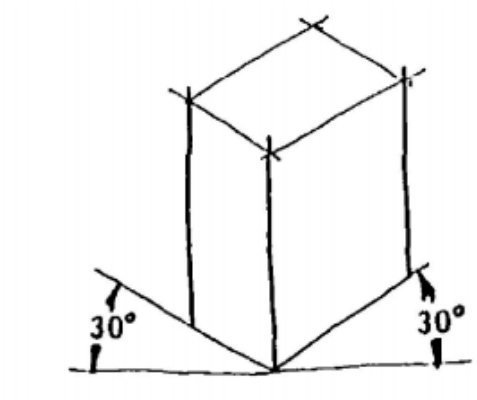
ภาพร่างภาพฉายสองด้าน (Orthographic projection) คือ ภาพร่างที่เขียนทั้งด้านหน้าและด้านข้าง ใช้แสดงภาพที่สื่อความหมายสมบูรณ์ด้วยการใช้ภาพฉาย 2 ด้าน อธิบายพร้อมๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 8.3



รูปที่ 8.3 ภาพร่างภาพฉายสองด้าน

8.2.3 ภาพร่างภาพ 3 มิติ (แบบ Isometric)

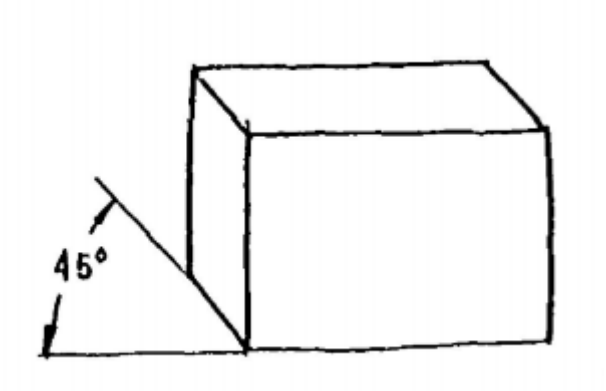
ภาพร่างภาพ 3 มิติ แบบ Isometric สร้างจากสามแกน คือ แกนแนวตั้ง และสองแกนในแนวนอนซึ่งทำมุม 30 องศากับแนวราบ ให้ภาพที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 8.4



รูปที่ 8.4 ลักษณะการจับดินสอในการสเกตภาพ

8.2.4 ภาพร่างภาพ 3 มิติ (แบบ Oblique)

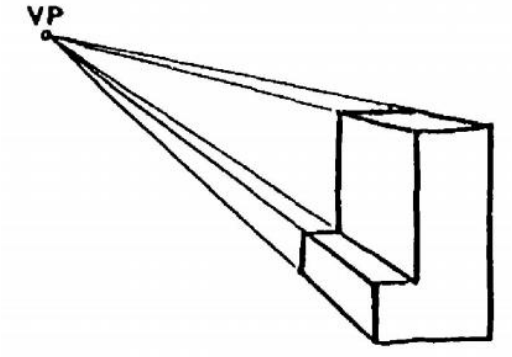
ภาพร่างภาพ 3 มิติ แบบ Oblique ด้านหน้าเป็นขนาดจริงและด้านข้างทำมุม 45 หรือ 30 องศากับแนวราบ ดังแสดงในรูปที่ 8.5



รูปที่ 8.5 ลักษณะการจับดินสอในการสเกตภาพ

8.2.5 ภาพร่างภาพ 3 มิติ (แบบ Perspective)

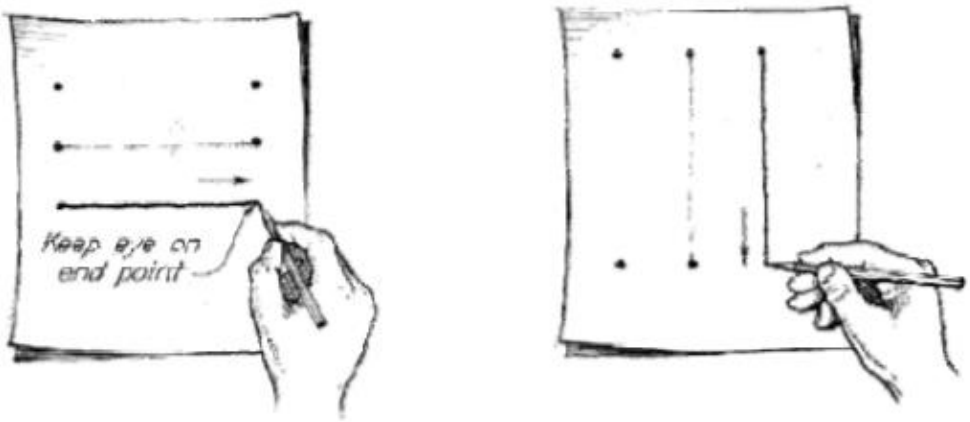
ภาพร่างภาพ 3 มิติ แบบ Perspective จะให้รายละเอียดของภาพตาม มุมมองของสายตา โดยมีจุดรวมสายตาที่จุด VP ดังแสดงในรูปที่ 8.6



รูปที่ 8.6 ลักษณะการจับดินสอในการสเกตภาพ

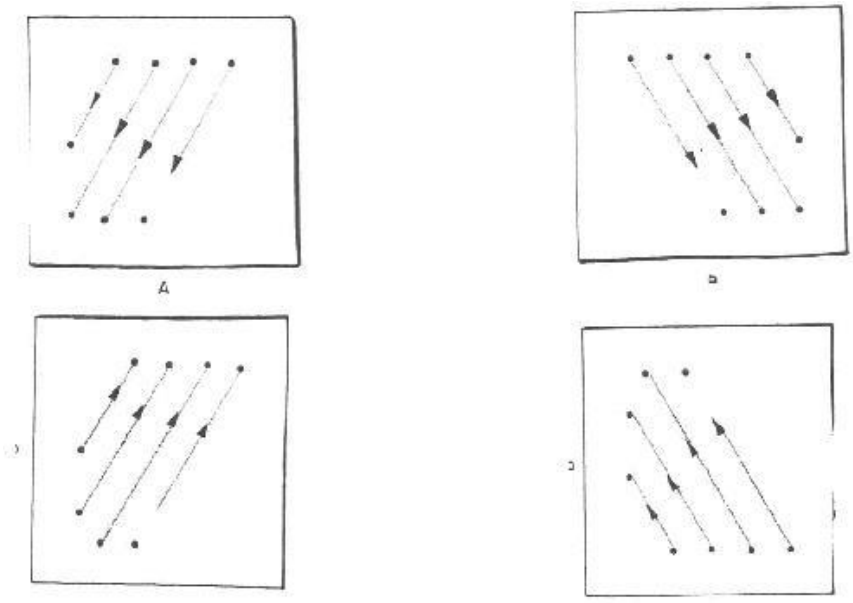
8.3 การสเก็ตช์เส้นตรง

การสเก็ตช์เส้นตรงนั้นอาจเริ่มโดยการทำเครื่องหมายจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของเส้นที่ต้องการลากก่อน (ควรทำเครื่องหมายของจุดนั้นด้วยน้ำหนักเส้นที่เบามากๆ) จากนั้นเริ่มเขียนเส้นโดยจับดินสอแล้วลากแขนไปมาจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายโดยที่ยังไม่เขียนเส้นนั้นจริงๆ เมื่อเกิดความมั่นใจในการลากเส้นแล้วให้เริ่มลากเส้นได้ โดยขั้นตอนดังกล่าว แสดงในรูปที่ 8.1 และถ้าฝึกตามขั้นตอนดังกล่าวจนเกิดความชำนาญ อาจไม่จำเป็นต้องทำเครื่องหมายจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายก่อน สำหรับเส้นตรงในทิศทางอื่นๆ สามารถทำได้ในรูปแบบเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 8.7



รูปที่ 8.7 การสเก็ตช์เส้นตรง

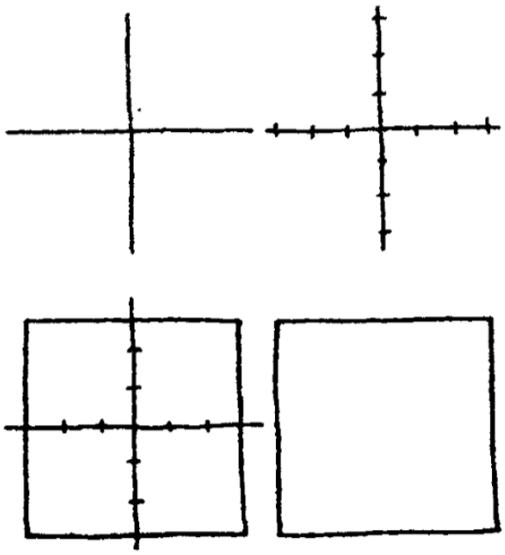
สำหรับการสร้างเส้นตรงแนวเฉียง มีวิธีการลากเส้นเช่นเดียวกับการลากเส้นตรงแนวนอน ควรกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายแล้วจึงลากเส้นตรงแนวเฉียง เริ่มจากบนลงล่างหรือจากล่างขึ้นบนได้ทั้ง 2 วิธี ดังแสดงในรูปที่ 8.8



รูปที่ 8.8 การสเก็ตช์เส้นตรงเฉียง

8.4 การสเก็ตช์สี่เหลี่ยม

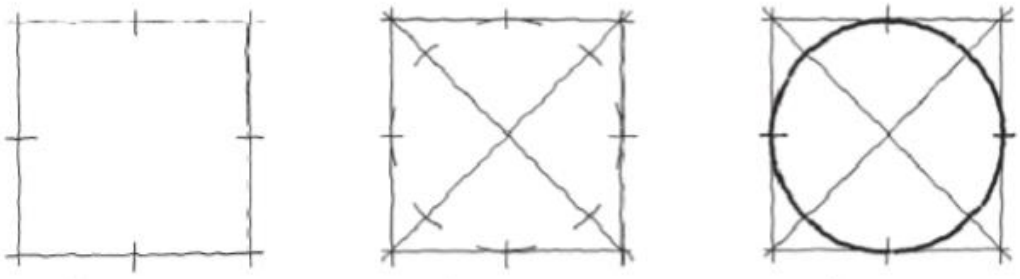
เริ่มโดยการขีดเส้นแนวตั้งและแนวนอนตัดกัน จากนั้นทำเครื่องหมายเพื่อกำหนดขนาดของสี่เหลี่ยมโดยประมาณตามขนาดที่ต้องการ แล้วลากเส้นตามเครื่องหมายเพื่อให้ได้สี่เหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 8.9



รูปที่ 8.9 การสเก็ตช์สี่เหลี่ยม

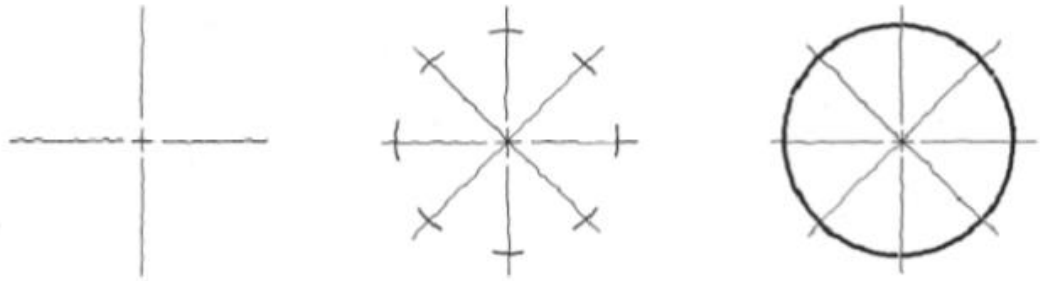
8.5 การสเก็ตช์วงกลมขนาดเล็ก

ขั้นตอนในการสเก็ตช์วงกลมขนาดเล็กเริ่มต้นจากการสเก็ตช์กล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังแสดงในรูปที่ 8.10 ขึ้นมาก่อน จากนั้นทำเครื่องหมายเล็กๆ แบ่งครึ่งแต่ละด้านของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสนั้น ต่อไปให้ลากเส้นทแยงมุมซึ่งจุดตัดของเส้นทแยงมุมนี้ก็คือ จุดศูนย์กลางของวงกลมที่เราต้องการวาดนั่นเอง ขั้นตอนต่อไปให้ทำการลากเครื่องหมายเล็กๆ บนเส้นทแยงมุมโดยให้มีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางประมาณเท่ากับรัศมีของวงกลม (ยาวเท่ากับครึ่งหนึ่งของด้านสี่เหลี่ยมจัตุรัส) โดยขั้นตอนทั้งหมดในการลากเส้นนี้ให้ลากเส้นด้วยน้ำหนักเส้นที่เบาๆ สุดท้ายเขียนส่วนโค้งเล็กๆ เชื่อต่อจุดที่เราทำเครื่องหมายไว้โดยใช้เส้นเข้ม ซึ่งจะได้วงกลมที่ต้องการ



รูปที่ 8.10 ขั้นตอนการสเก็ตช์วงกลมขนาดเล็กแบบที่ 1

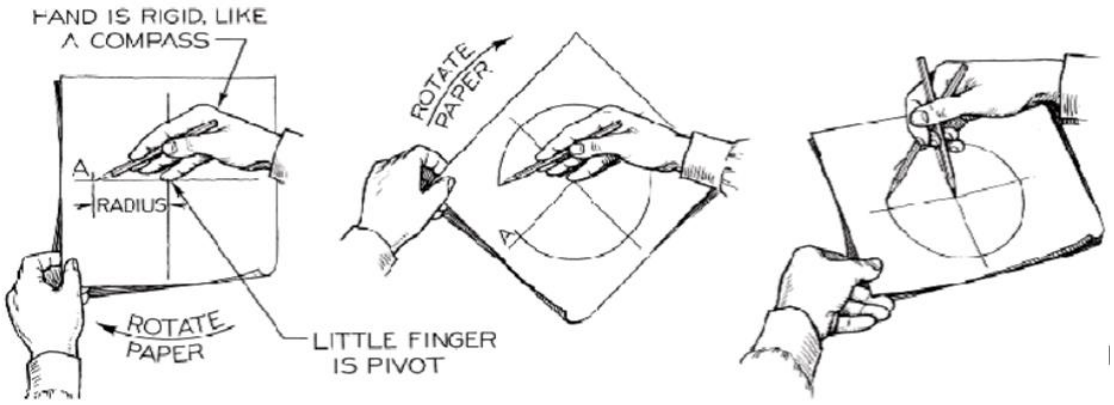
การสเก็ตช์วงกลมขนาดเล็กอีกวิธีการหนึ่งที่นิยม เริ่มต้นจากการเขียนเส้น Center line จากนั้นลากเส้นรัศมีออกจากจุดศูนย์กลางของวงกลม เสร็จแล้วให้ทำเครื่องหมายบนเส้นรัศมีที่ลากนั้นให้มีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากับรัศมีของวงกลมที่ต้องการวาด สุดท้ายลากเส้นโค้งเล็กๆ เชื่อมต่อจุดที่เราทำเครื่องหมายไว้เพื่อให้ได้วงกลมตามที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 8.11



รูปที่ 8.11 ขั้นตอนการสเก็ตช์วงกลมขนาดเล็กแบบที่ 2

8.6 การสเก็ตช์วงกลมขนาดใหญ่

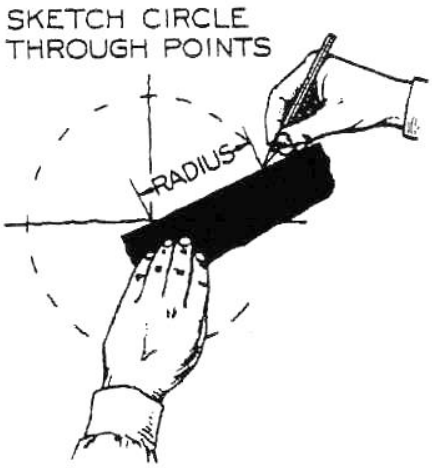
การสเก็ตช์วงกลมขนาดใหญ่นั้นเริ่มจากการใช้มือขวาจับดินสอในลักษณะดังรูปที่ 8.12(ก) แล้ววางนิ้วก้อยของมือที่จับดินสอนั่นลงในตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของวงกลมที่ต้องการวาดเพื่อใช้เป็นจุดหมุนคล้ายกับปลายแหลมของวงเวียน จากนั้นให้จับดินสอให้แน่นโดยรักษาระยะห่างระหว่างปลายดินสอกับปลายนิ้วก้อยให้เท่ากับขนาดของรัศมีที่ต้องการ สุดท้ายใช้อีกมือข้างจับกระดาษแล้วหมุนกระดาษจนกระทั่งวาดรูปวงกลมเสร็จสิ้น หรือจะใช้ดินสอ 2 ด้ามทำเป็นเป็นวงเวียน ดังรูปที่ 8.12(ข) ได้เช่นกัน



(ก) (ข)

รูปที่ 8.12 การสเก็ตช์วงกลมขนาดใหญ่

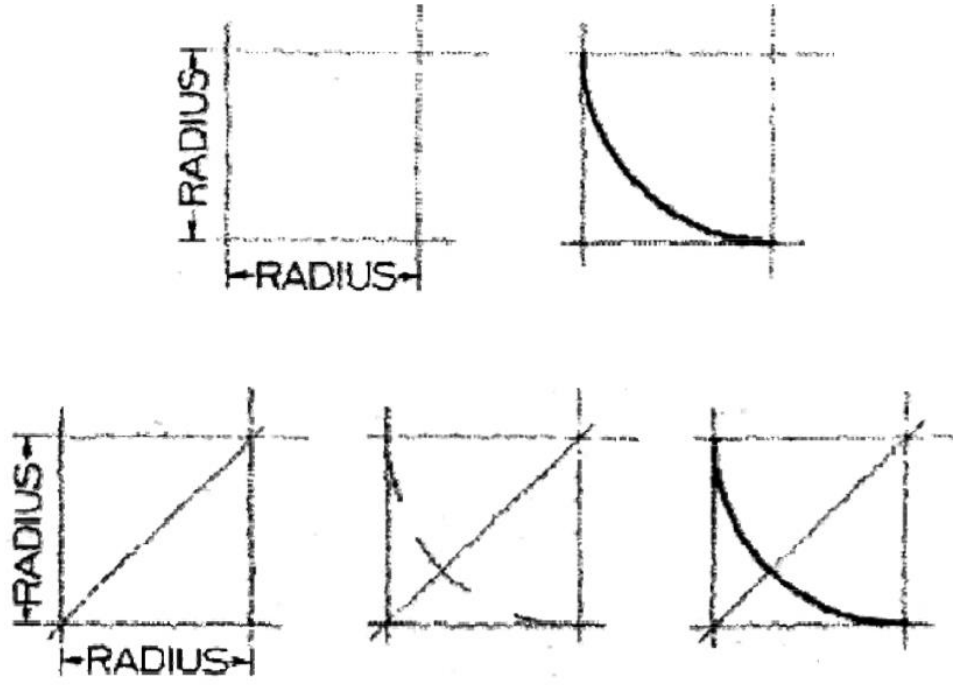
หรืออีกวิธีการโดยการใช้กระดาษวัดระยะรัศมีที่ต้องการเขียนบนกระดาษแล้วนำไปทาบบนกระดาษ โดยให้ด้านหนึ่งอยู่ที่จุดศูนย์กลาง อีกด้านอยู่ที่เส้นรอบวงหมุนกระดาษไปแล้วทำจุดเส้นประไปจนครบวงกลม แล้วจึงลงเส้นหนักตามแนวเส้นประ จะเกิดเป็นรูปวงกลม



รูปที่ 8.13 การสเก็ตช์วงกลมขนาดใหญ่โดยใช้กระดาษวัดรัศมี

8.7 การสเก็ตส่วนโค้ง

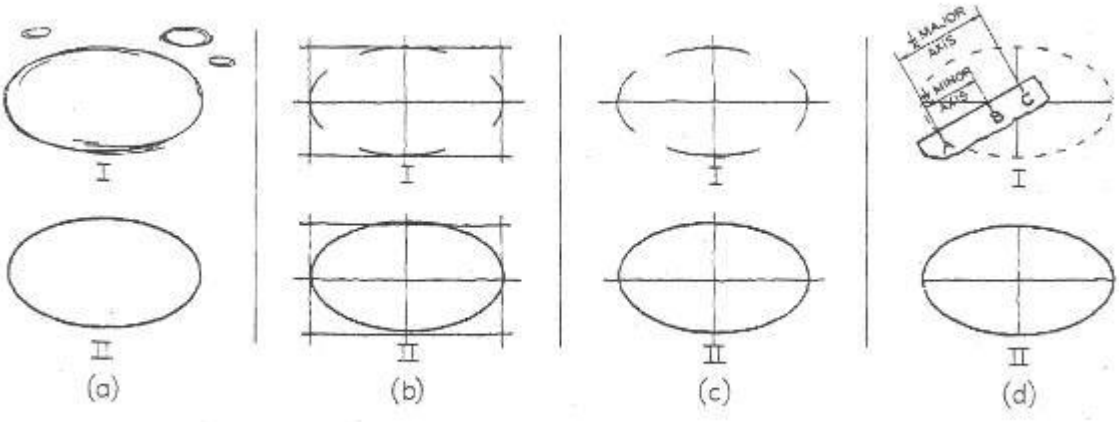
การจัดเส้นตรงในการสเกตช์ภาพส่วนโค้งสามารถทำได้ในลักษณะที่คล้ายกับการสเก็ตช์ภาพวงกลม เพียงแต่สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่สเก็ตช์ขึ้นมาครั้งแรกนั้นใช้สำหรับการลากส่วนโค้งเพียง ¼ ของวงกลมเท่านั้น ซึ่งขั้นตอนในการสเก็ตช์ส่วนโค้ง ดังแสดงในรูปที่ 8.14



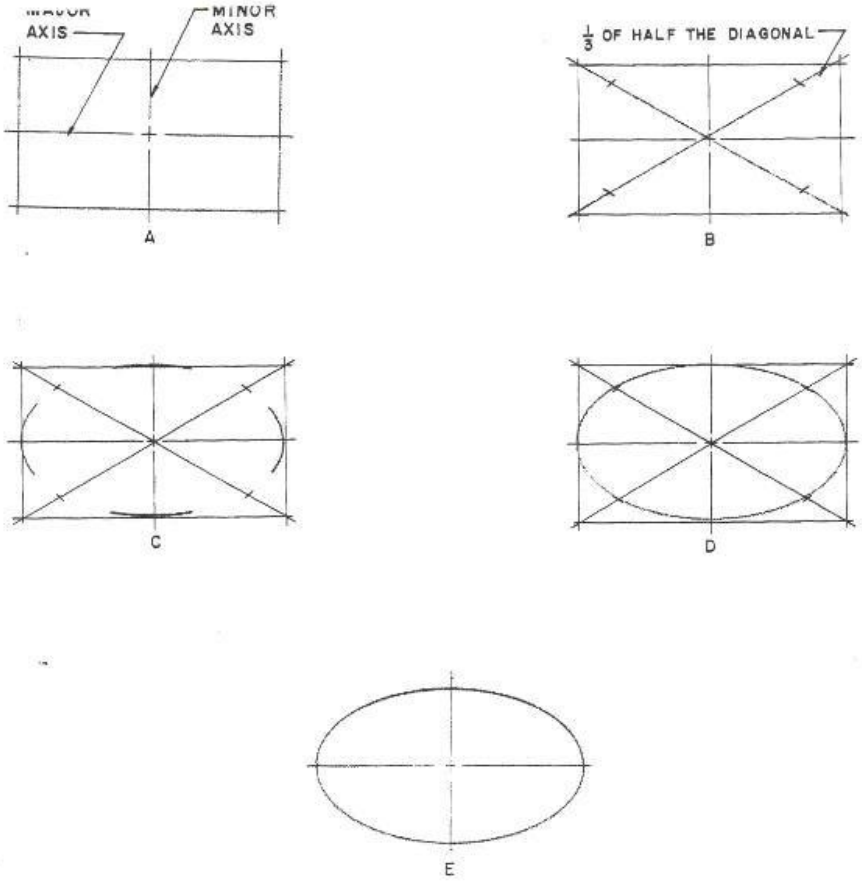
รูปที่ 8.14 การสเก็ตช์ส่วนโค้ง

8.8 การสเกตช์วงรี

การสร้างวงรีโดยเขียนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ให้มีขนาดความกว้าง ความยาว เท่ากับขนาดของวงรีที่ต้องการ แบ่งครึ่งที่ด้านทั้งสี่ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่จุดกึ่งกลางของเส้น แล้วลากเส้นโค้งให้ต่อกันเป็นวงรี ดังแสดงในรูปที่ 8.15 ถึงรูปที่ 8.16



รูปที่ 8.15 การสเก็ตช์วงรี วิธีที่ 1



รูปที่ 8.16 การสเก็ตช์วงรี วิธีที่ 2

8.9 การสเก็ตช์รูปวัตถุ 2 มิติ

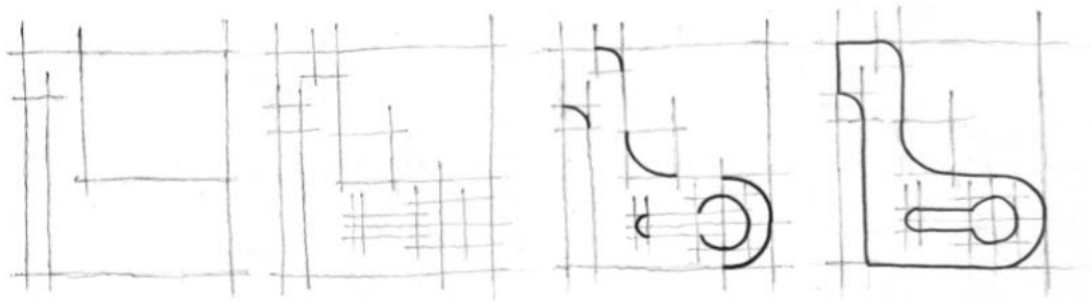
การสเก็ตช์รูปวัถตุ 2 มิติ (ดังแสดงในรูปที่ 8.17) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

(1) เริ่มต้นโดยการลากเส้นร่างแสดงขอบเขตโดยรวมวัตถุก่อน

(2) ลากเส้นร่างเพื่อกำหนดตำแหน่งขององค์ประกอบที่สำคัญ ของวัตถุ เช่น ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของวงกลม หรือส่วนโค้ง เป็นต้น

(3) สเก็ตช์ส่วนโค้งก่อน

(4) สเก็ตช์ส่วนที่เป็นเส้นตรง



รูปที่ 8.17 การสเกตภาพสามมิติ

8.10 การสเก็ตช์รูปวัตถุ 3 มิติ

การสเกตภาพสามมิติ มีจุดมุ่งหมายเพื่อถ่ายทอดข้อมูลจากความคิดหรือจินตนาการของวิศวกรผู้ออกแบบให้เป็นภาพสามมิติ เพื่อให้ช่างเขียนแบบสามารถเห็นรูปร่างของงานได้ทั้ง ความกว้าง ความยาว และความหนา การสเกตภาพสามมิตินี้สามารถทำได้ทั้งแบบ Isometric และแบบ Oblique ขึ้นอยู่กับลักษณะการวางชิ้นงาน

8.10.1 การสเก็ตช์รูปวัตถุ 3 มิติ แบบ Isometric

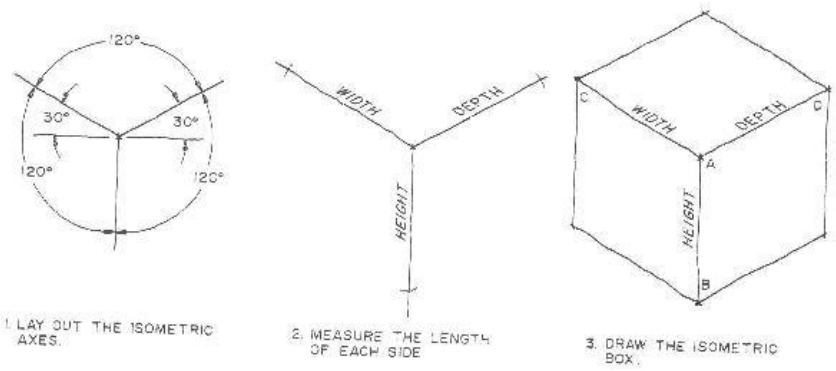
การสเก็ตช์รูปวัถตุ 3 มิติ แบบ Isometric มีขั้นตอน (ดังแสดงในรูปที่ 8.18 และรูปที่ 8.19) ดังต่อไปนี้

(1) เขียนรูปกล่องสี่เหลี่ยมโดยวางภาพลักษณะไอโซเมตริก

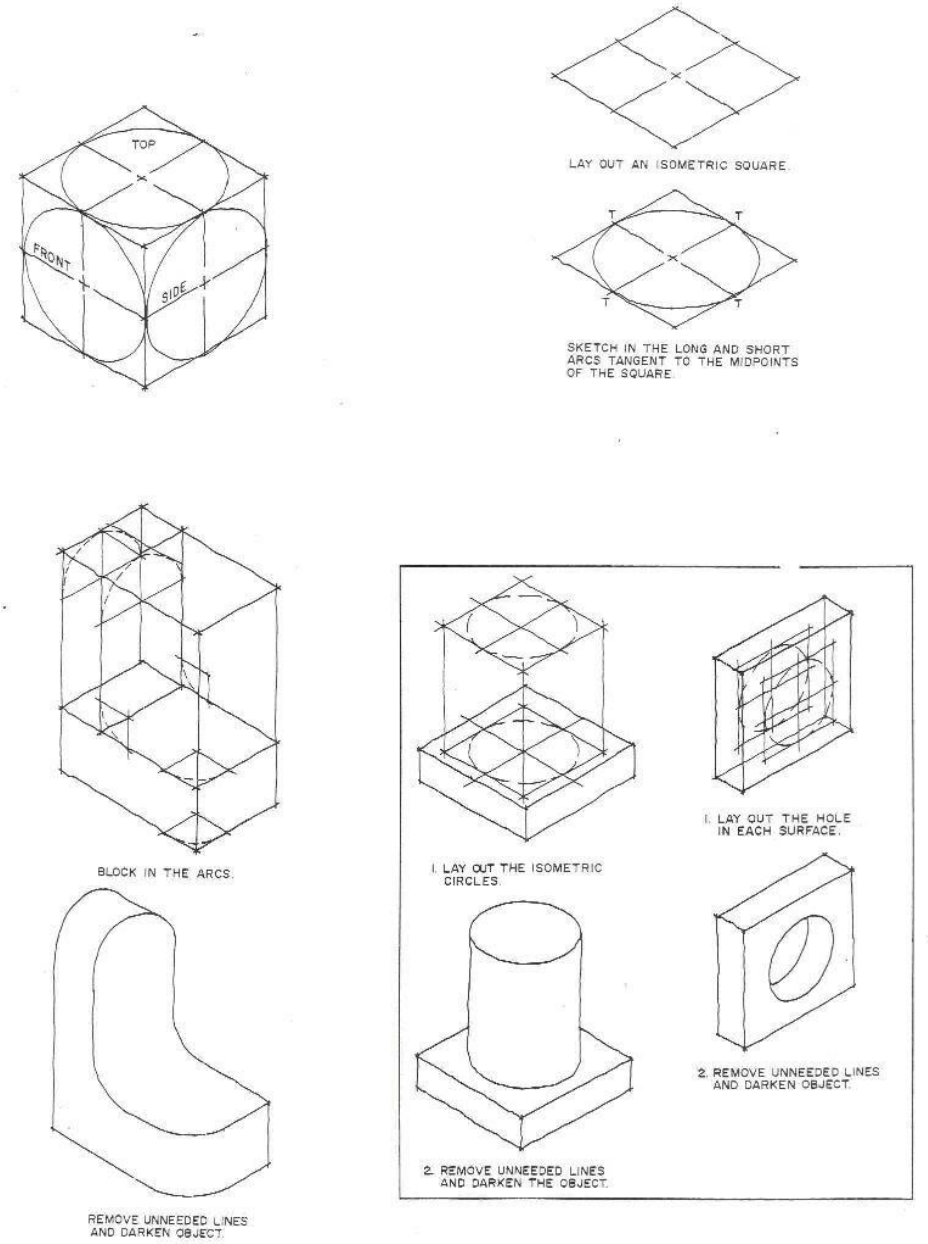
(2) แบ่งระยะเขียนรายละเอียดของภาพให้ครบตามแบบงานที่กำหนด

(3) ลบเส้นที่ไม่ใช้ออกจากแบบรูปงาน

(4) ลงเส้นเต็มหนักที่เส้นขอบงาน



รูปที่ 8.18 หลักการสเก็ตช์รูปวัตถุ 3 มิติ แบบ Isometric



รูปที่ 8.19 การสเก็ตช์รูปวัตถุ 3 มิติ แบบ Isometric

8.10.2 การสเก็ตช์รูปวัตถุ 3 มิติ แบบ Oblique

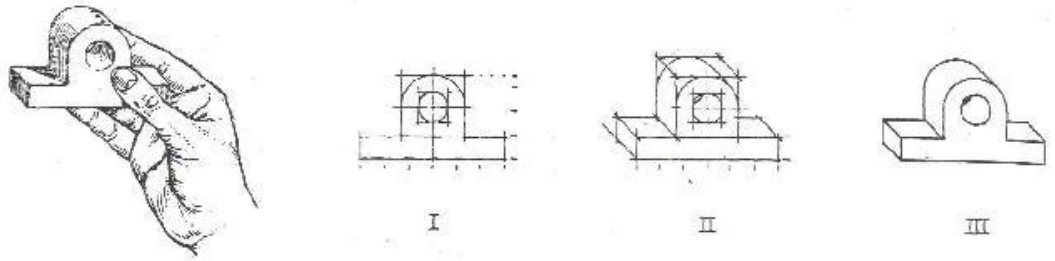
การสเก็ตช์รูปวัตถุ 3 มิติ แบบ Oblique มีขั้นตอน(ดังแสดงในรูปที่ 8.20) ดังต่อไปนี้

(1) สเกตภาพด้านหน้าตามที่กำหนด

(2) สเกตภาพตามความลึกของชิ้นงานทำมุม 45 องศา กับแนวนอน

(3) ลบเส้นร่างที่ไม่ใช้ออกจากรูปงาน

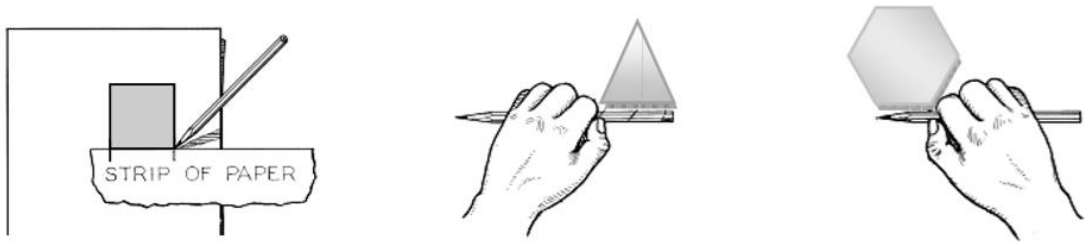
(4) ลงเส้นเต็มหนักที่เส้นขอบรูป



รูปที่ 8.20 การสเก็ตช์รูปวัถตุ 3 มิติ แบบ Oblique

8.11 สัดส่วนของภาพสเก็ตช์

หลักการสำคัญของการสเก็ตช์ภาพอีกประการหนึ่ง คือ การสเก็ตช์ให้มีสัดส่วนที่ถูกต้องมากที่สุด ซึ่งไม่ได้หมายถึงขนาด โดยการสมมติว่าถ้าต้องการสเก็ตช์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความกว้างมากกว่าความสูงประมาณ 3 เท่า ดังนั้นรูปสเก็ตช์ที่ดีจะต้องได้สัดส่วนความกว้างต่อความสูงประมาณ 3:1 ด้วยเช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 8.21



รูปที่ 8.21 การใช้สิ่งของใกล้ตัวในการวัดขนาดของรูปเพื่อใช้สเก็ตช์

การสเก็ตช์ภาพให้ได้สัดสว่นที่ถูกต้องนั้นสามารถใช้สิ่งขอที่ใกล้ตัวมาใช้ในการประมาณสัดส่วนของรูปที่ต้องการสเก็ตช์ เช่น กระดาษ หรือดินสอ โดยสามารถนำแถบกระดาษมาวางทาบกับรูปที่ต้องการสเก็ตช์แล้วทำเครื่องหมายบนแถบกระดาษนั้นเพื่อช่วยในการวัดขนาด

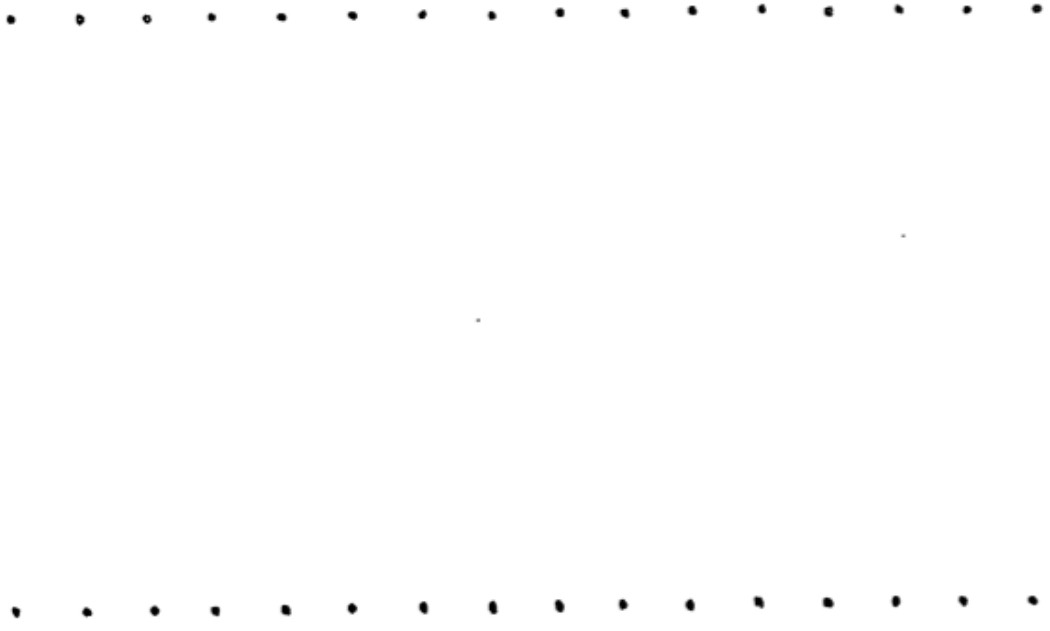
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 8

(1) จงสเก็ตช์เส้นในแนวนอนจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดที่กำหนดให้

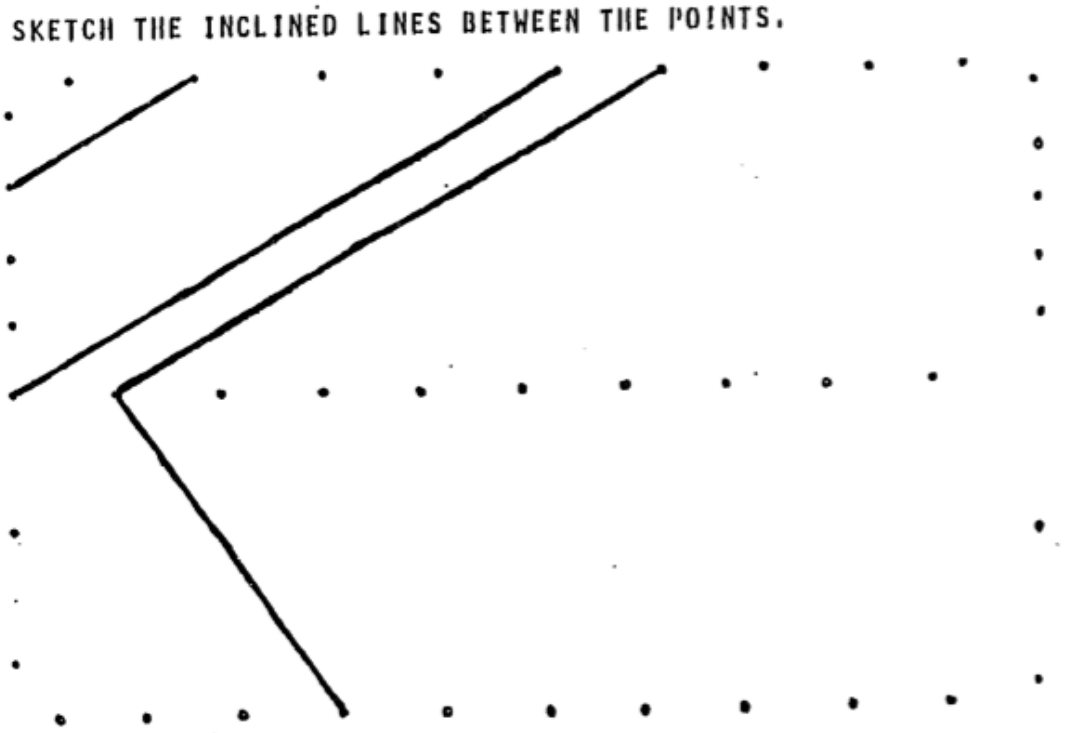
SKETCH HORIZONTAL LINES BETWEEN THE POINTS.

(2) จงสเก็ตช์เส้นในแนวตั้งจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดที่กำหนดให้

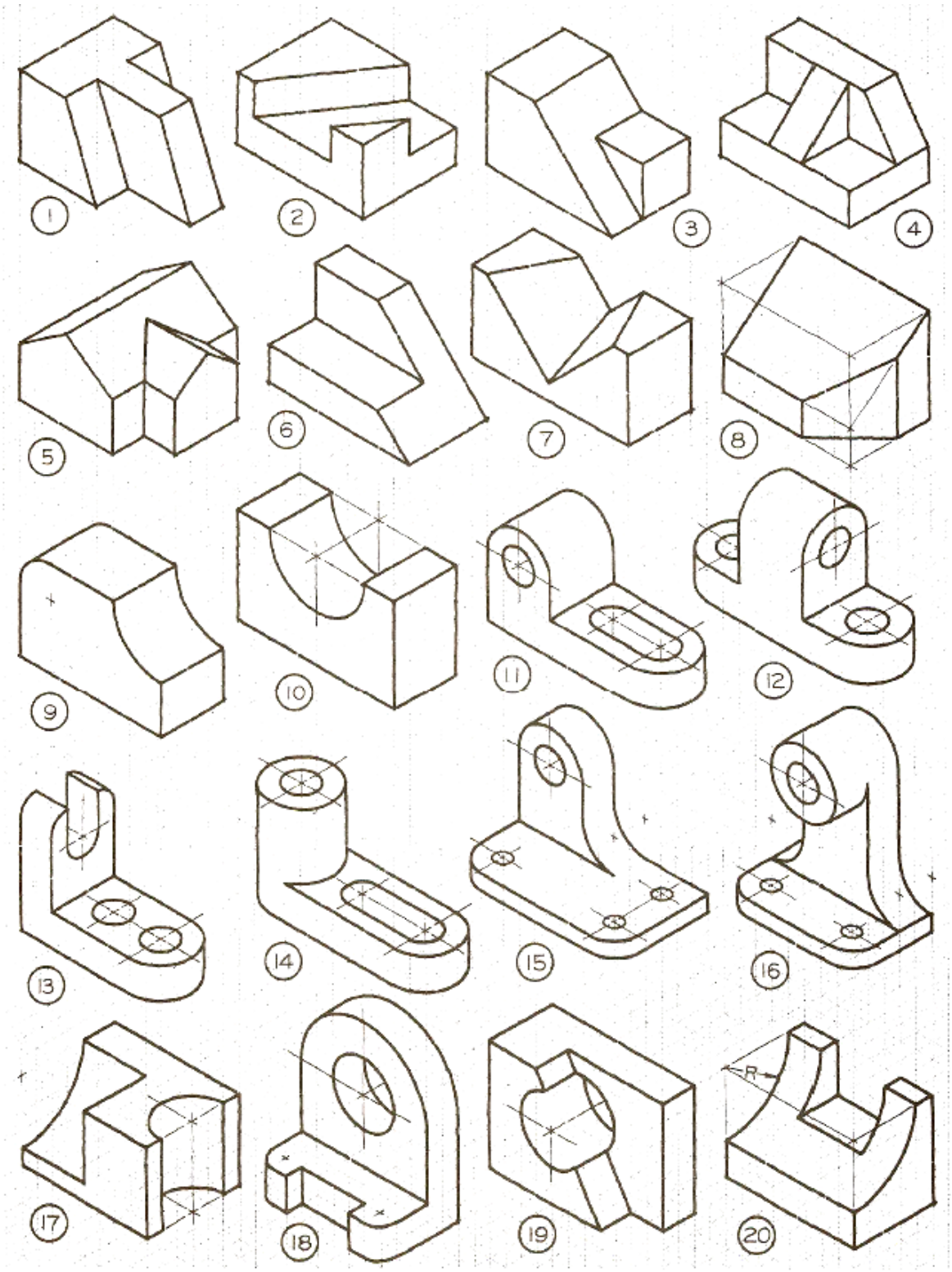
INSTRUCTIONS: SKETCH VERTICAL LINES BETWEEN THE POINTS.

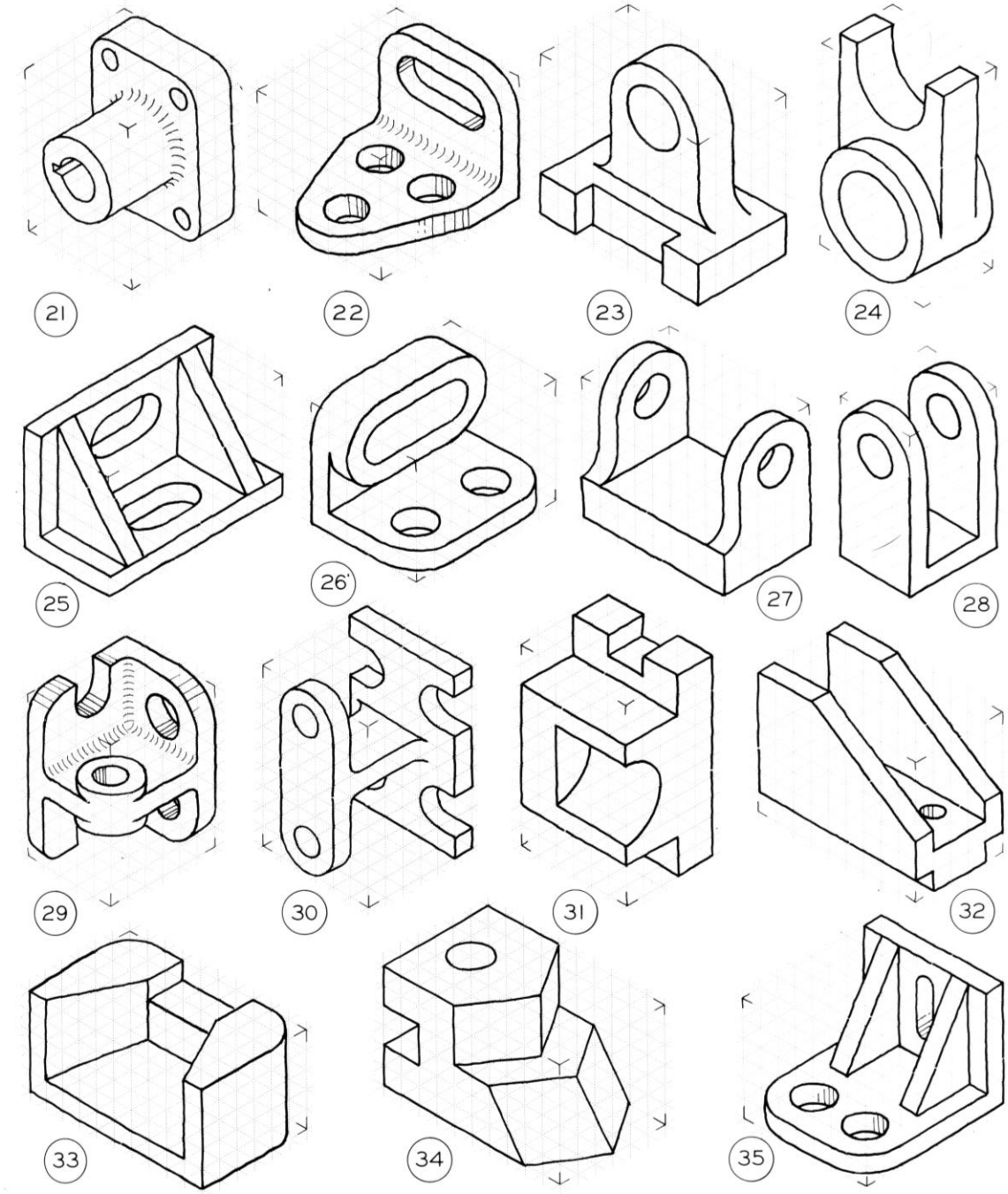


(3) จงสเก็ตช์เส้นแนวเอียงจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดที่กำหนดให้



(4) จงสเก็ตช์รูปภาพดังต่อไปนี้

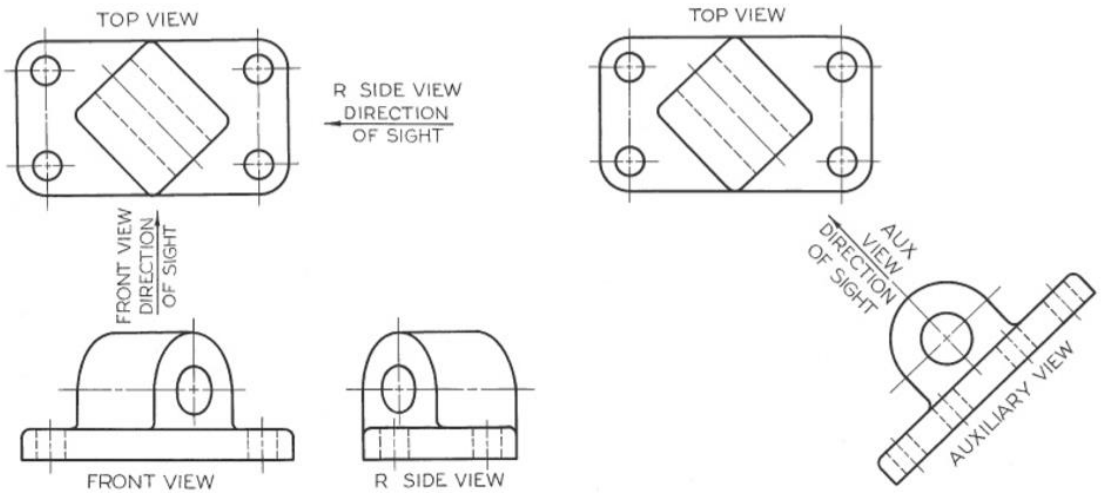



21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35

บทที่ 9
การเขียนภาพช่วย

มุมมองใดๆ ที่ได้จากการฉายภาพบนระนาบอื่นนอกเหนือจากระนาบแนวนอน ด้านหน้า และภาพฉาย เรียกว่า “มุมมองช่วยหรือภาพช่วย (Auxiliary view)” ทั้งนี้ภาพช่วยหลัก (Primary auxiliary) นี้จะถูกฉายบนระนาบที่ตั้งฉากกับระนาบหลักของการฉายภาพและเอียงไปอีกสองมุมมอง ภาพช่วยรอง (Secondary auxiliary) ถูกฉายจากมุมมองเสริมหลักไปยังระนาบที่มีความโน้มเอียงไปยังระนาบการฉายหลักทั้งสาม

คำจากัดความ ในการเขียนแบบนั้นจะต้องให้รายละเอียดที่ชัดเจนและมีขนาดเป็นจริงแต่มีงานบางประเภทที่มีลักษณะ ผิวเอียง (inclines Surface) มีผลทำให้ขนาดและรูปร่างของชิ้นงานเปลี่ยนแปลงไปจากความเป็นจริง จึงต้องเขียนภาพช่วยโดยการ หมุนภาพที่เอียง ทามุม 90^{O} ให้ตั้งฉากกับระดับสายตา (ดังแสดงในรูปที่ 9.1(ก)) เป็นการมองภาพแต่ละด้านโดยใช้หลักการ Glass Box คือใช้กล่องใสครอบชิ้นงานแล้วมองภาพแต่ละด้าน (ดังแสดงในรูปที่ 9.1(ข)) เป็นการฉายภาพช่วยออกจากภาพด้านบนและด้านข้างซึ่งจะได้ความสูงจริงและความยาวจริงของชิ้นงาน

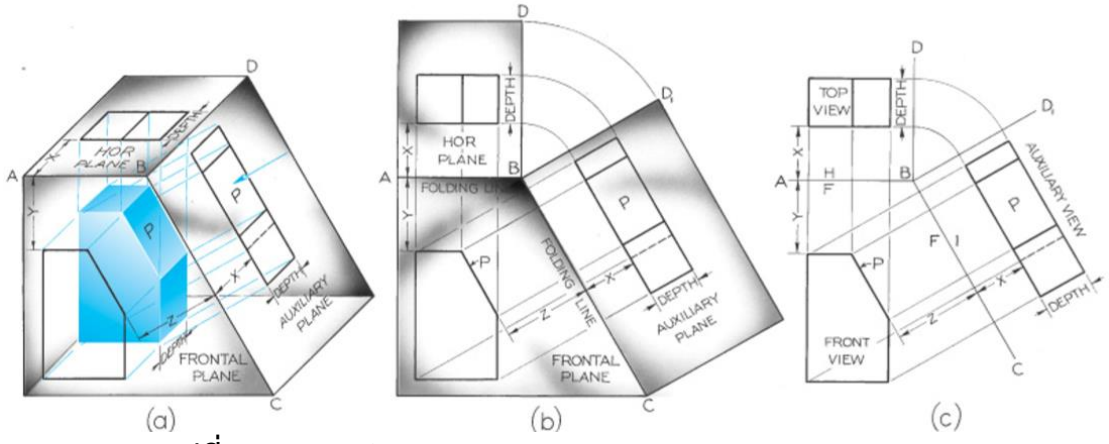


รูปที่ 9.1 ภาพช่วย (Auxiliary view) (www.ceet.niu.edu, 2014)

9.1 ระนาบช่วย (Auxiliary Plane)

วัตถุที่แสดงดังรูปที่ 9.2 มีพื้นผิวเอียง (P) ที่ไม่ปรากฏในขนาดและรูปร่างที่แท้จริงในมุมมองปกติ ในการแสดงขนาดที่แท้จริง (True size, TS) ของพื้นผิวลาดเอียงทิศทางของการมองเห็นจะต้องตั้ง

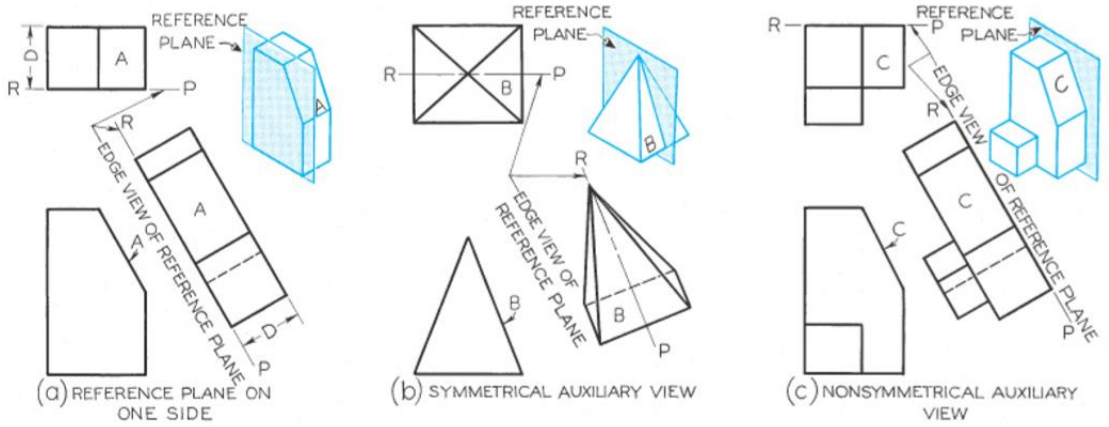
ฉากกับระนาบเอียง หรือใช้แบบจำลองกล่องแก้ว (Glass box) ระนาบช่วยจะจัดเรียงขนานกับพื้นผิวที่ลาดเอียง P เพื่อให้ได้มุมมองขนาดจริง ระนาบช่วยในกรณีนี้ตั้งฉากกับระนาบด้านหน้าของการฉายภาพและบานพับเข้ากับภาพช่วย



รูปที่ 9.2 ระนาบช่วย (Auxiliary Plane) (www.ceet.niu.edu, 2014)

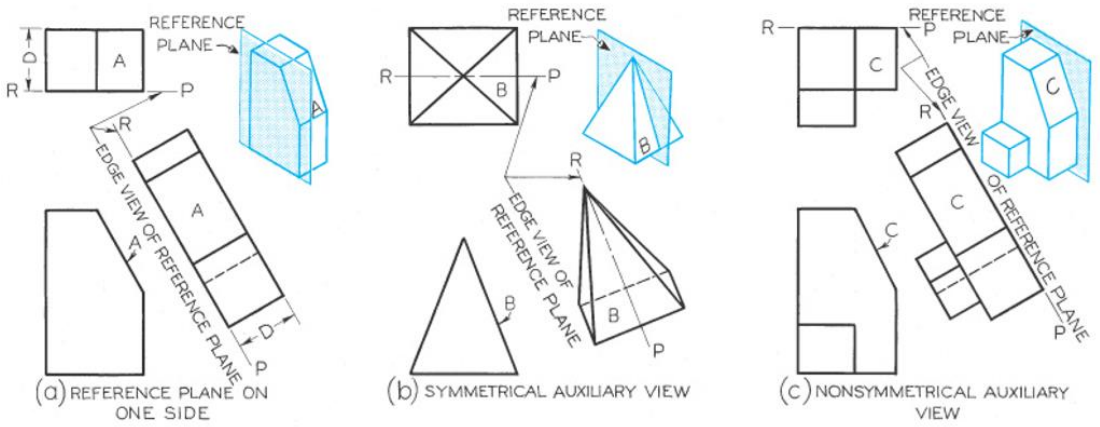
9.2 ระนาบอ้างอิง (Reference Planes)

แทนที่จะใช้หนึ่งในระนาบการฉาย สามารถใช้ระนาบอ้างอิง (Reference plane) ขนานกับระนาบการฉายและการสัมผัสหรือตัดผ่านวัตถุ ในรูปที่ 9.3 ระนาบอ้างอิง จะจัดชิดกับพื้นผิวด้านหน้าของวัตถุ ระนาบนี้ปรากฏบนขอบหรือเส้นในมุมมองด้านบนและภาพช่วย สามารถใช้ระนาบอ้างอิงที่เกิดขึ้นพร้อมกับพื้นผิวด้านหน้าของวัตถุดังที่แสดง



รูปที่ 9.3 ระนาบอ้างอิง (Reference Planes) (www.ceet.niu.edu, 2014)

เมื่อวัตถุมีความสมมาตรจะมีประโยชน์อย่างมากในการเลือกระนาบอ้างอิงเพื่อตัดผ่านวัตถุ ดังที่แสดงในรูปที่ 9.4 (ข) วิธีนี้จะต้องทำการวัดเพียงครึ่งเดียวเพื่อถ่ายโอนถ่ายมิติเพราะมันจะเท่ากันในแต่ละด้านของระนาบอ้างอิง นอกจากนี้ยังสามารถใช้พื้นผิวด้านหลังของวัตถุเป็นที่ 9.4 (ค) หรือจุดกึ่งกลางใดๆ ที่จะเป็นประโยชน์



(ก) (ข) (ค)

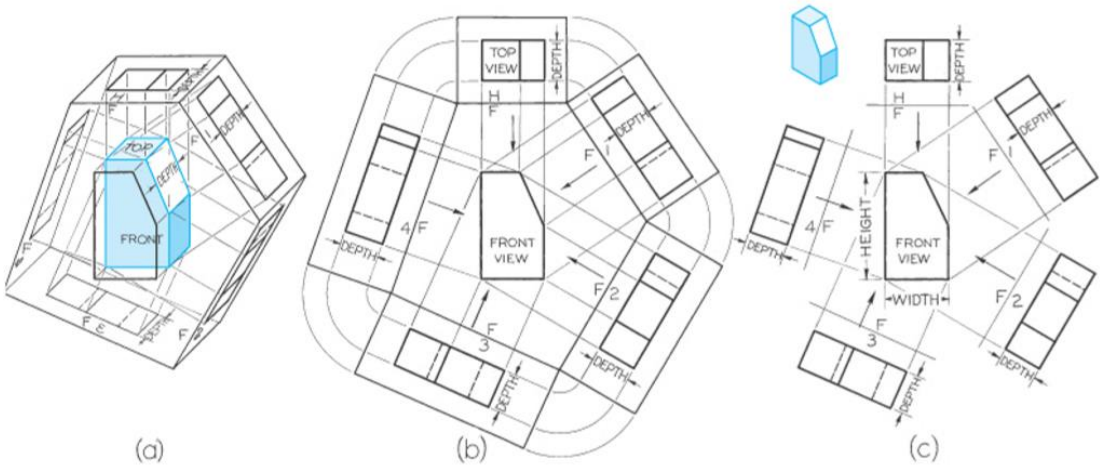
รูปที่ 9.4 ภาพช่วยที่ใช้ระนาบอ้างอิง (www.ceet.niu.edu, 2014)

9.3 Classification of Auxiliary Views

การแบ่งประเภทของภาพช่วยจากลักษณะการฉายภาพ มี 3 ชนิด คือ (1) Depth Auxiliary Views คือ การฉายจากด้านหน้า(front view) แสดงความหนาจริง โดยชิ้นงานจะมีผิวเอียงทางด้านหน้า (2) Height Auxiliary Views คือ การฉายจากด้านบน (top view) แสดงส่วนสูงจริง โดยชิ้นงานจะมีผิวเอียงทางด้านบน และ (3) Width Auxiliary Views คือ การฉายจากด้านข้าง (side view) แสดงความยาวจริง โดยชิ้นงานจะมีผิวเอียงทางด้านข้าง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

9.3.1 Depth Auxiliary Views

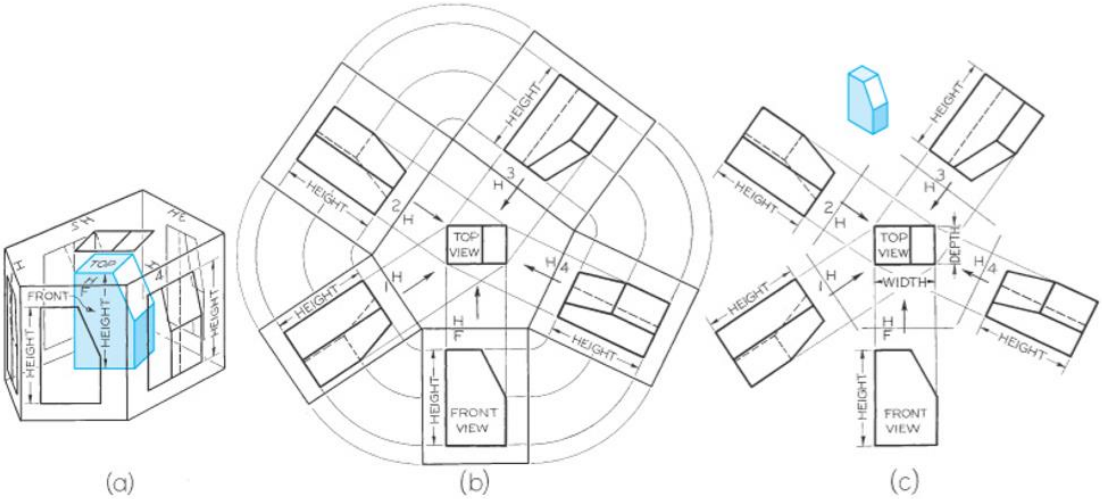
การฉายภาพจากภาพด้านหน้าได้ความหนาจริง การเขียนภาพช่วยที่ชิ้นงานมีพื้นผิวเอียงจากภาพด้านหน้าการฉายภาพช่วยจะทำการฉายจากภาพด้านหน้าซึ่งจะได้ ขนาดความกว้างหรือความหนาจริงของชิ้นงาน ในการถ่ายขนาดชิ้นงานจะต้องยึดเส้นอ้างอิงเป็นหลัก ดังแสดงในรูปที่ 9.5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าระนาบช่วยจำนวนไม่จำกัด สามารถแขวนตั้งฉากกับระนาบด้านหน้า (F) ของการฉายภาพ รวมถึงระนาบแนวนอนเพื่อแสดงว่าคล้ายกับระนาบอื่น มุมมองทั้งหมดเหล่านี้แสดงความลึกของวัตถุและเป็นภาพช่วยความลึก (Depth Auxiliary Views)



รูปที่ 9.5 ภาพช่วยความลึก (Depth Auxiliary Views) (www.ceet.niu.edu, 2014)

9.3.2 Height Auxiliary Views

การฉายภาพจากด้านบนได้ความสูงจริง การเขียนภาพช่วยจะต้องเขียนบริเวณผิวเอียงของชิ้นงานเท่านั้น ในกรณีที่ชิ้นงานมีความเอียงจากภาพด้านบนการ ฉายภาพช่วยจะฉายออกจากภาพด้านบนซึ่งจะได้ขนาดความสูงจริงของชิ้นงานการฉายภาพออกจากผิวเอียงทางด้านข้างจะได้ ขนาดความยาวจริงของชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 9.6 ภาพช่วยแบบเต็มระนาบช่วยจำนวนไม่จำกัด สามารถแขวนได้ในแนวตั้งฉากกับระนาบแนวนอน (H) ของเส้นโครง มุมมองด้านหน้าและมุมมองเหล่านี้ทั้งหมดแสดงความสูงของวัตถุ และภาพช่วยเหล่านี้เป็นภาพช่วยความสูง (Height auxiliary views)

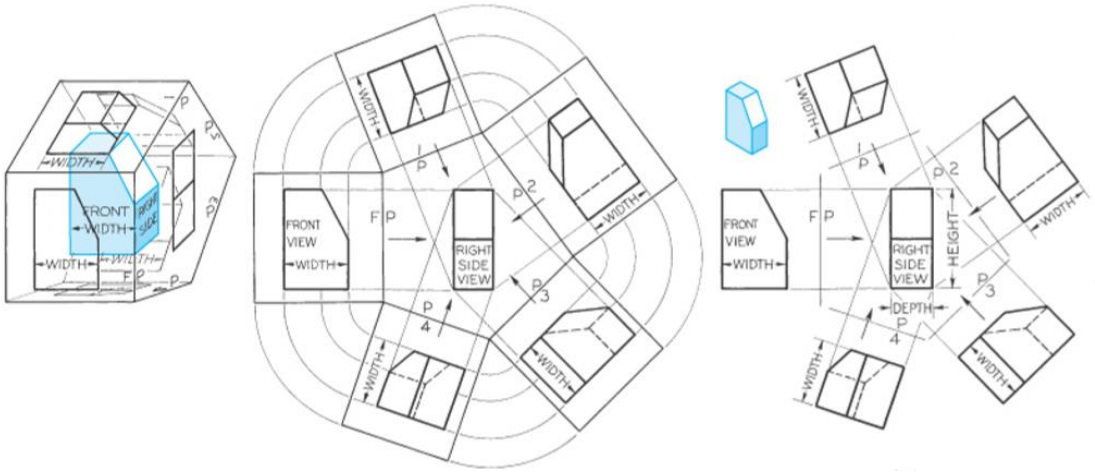


รูปที่ 9.6 ภาพช่วยความสูง (Height auxiliary views) (www.ceet.niu.edu, 2014)

9.3.3 Width Auxiliary Views

การฉายภาพจากด้านข้างได้ความยาวจริง การเขียนภาพช่วยจะต้องเขียนบริเวณผิวเอียงของชิ้นงานเท่านั้น ในกรณีที่ชิ้นงานมีความเอียงจากภาพด้านข้างการ ฉายภาพช่วยจะฉายออกจากภาพด้านข้างซึ่งจะได้ขนาดความยาวจริงดังภาพ

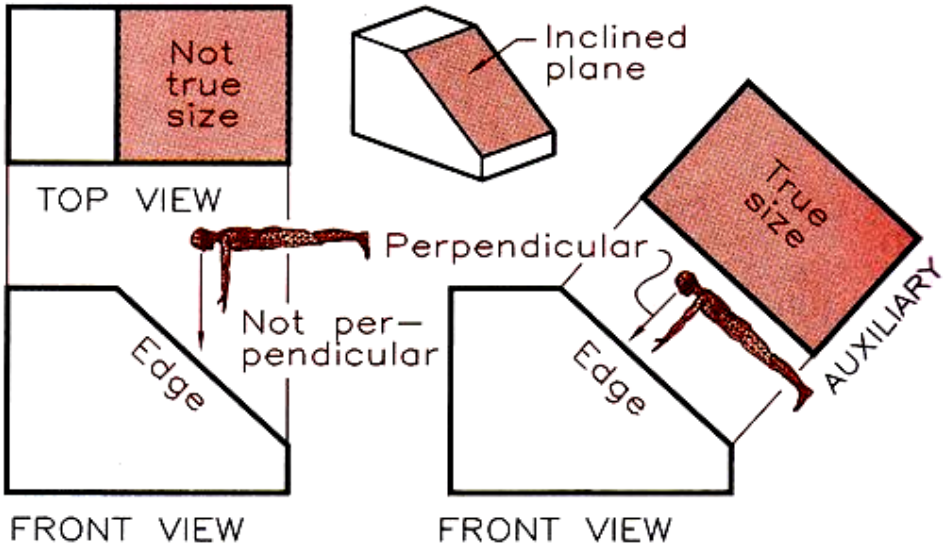
รูปที่ 9.7 ระนาบช่วยจำนวนไม่จำกัด สามารถถูกตั้งฉากกับระนาบโปรไฟล์ (P) ของการฉายภาพ มุมมองด้านหน้าและมุมมองเหล่านี้ทั้งหมดแสดงความกว้างของวัตถุ ดังนั้นภาพช่วยเหล่านี้เป็นภาพช่วยความกว้าง (width auxiliary views)



รูปที่ 9.7 ภาพช่วยความกว้าง (width auxiliary views) (www.ceet.niu.edu, 2014)

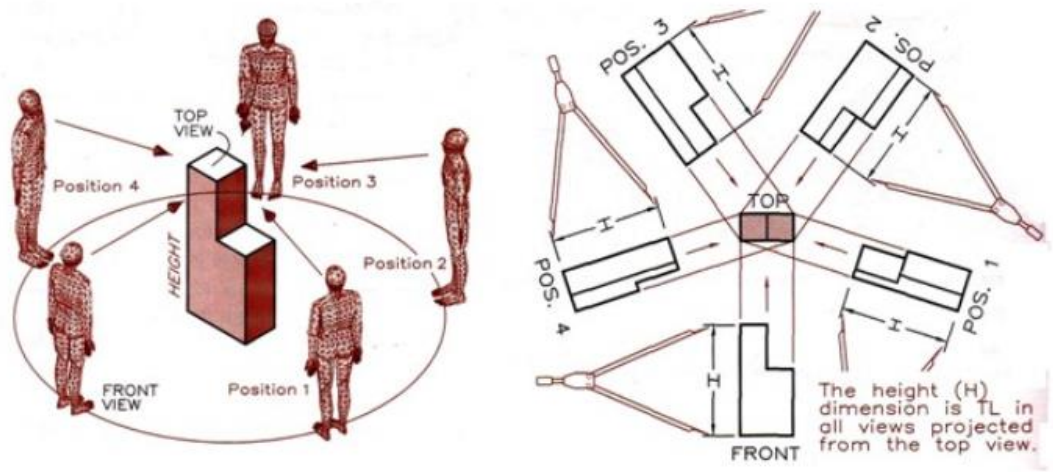
9.4 ขั้นตอนการเขียนภาพช่วย

พื้นผิวที่ปรากฏตามความลาดเอียงในมุมมองหลักสามารถแสดงในขนาดจริงในภาพช่วยหรือมุมมองช่วย ซึ่งมิติความสูง (H) เป็นความยาวจริง (TL) ในทุกมุมมองของภาพฉายจากมุมมองด้านบน ดังแสดงในรูปที่ 9.8 ถึงรูปที่ 9.9



รูปที่ 9.8 แสดงการเขียนภาพไอโซเมตริกและภาพฉายของผิวหน้าที่ไม่ใช่ขนาดจริง

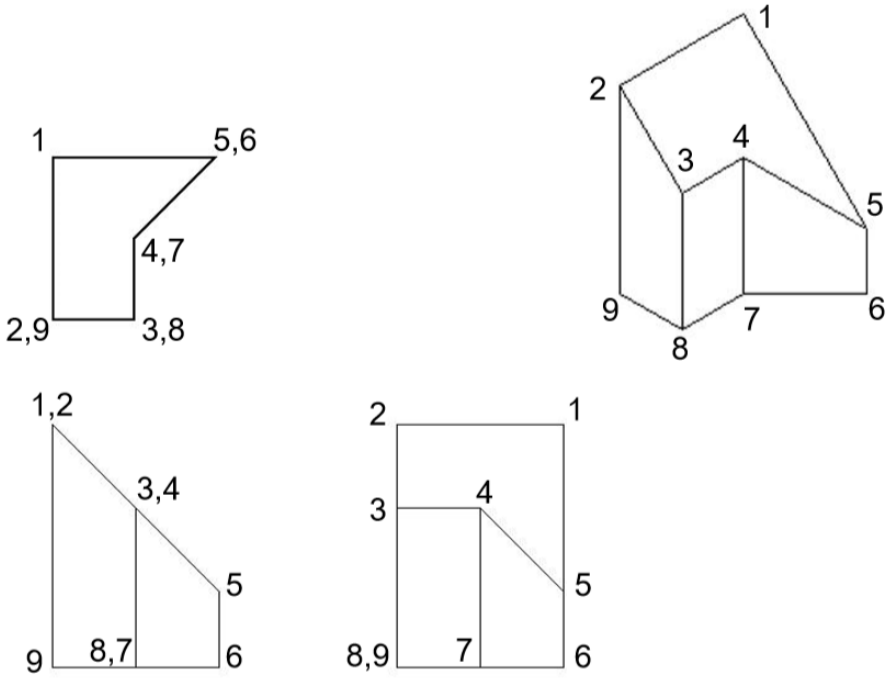
(University of Florida, 2020)



รูปที่ 9.9 ภาพช่วยจากมุมมองด้านบน (University of Florida, 2020)

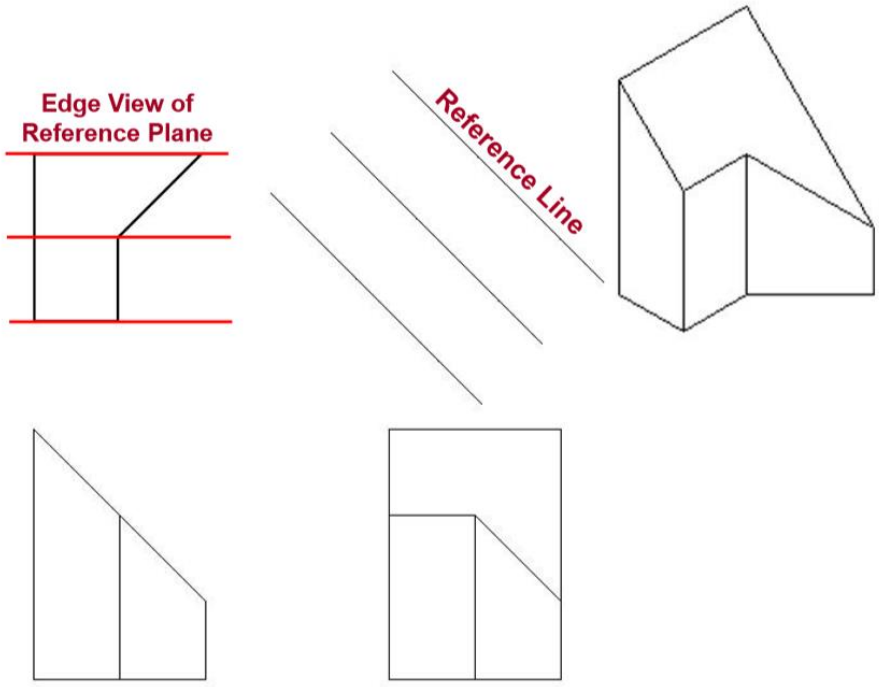
การเขียนภาพช่วยสามารถสรุปได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

- **ขั้นตอนที่** 1 การวาดภาพฉายหลายมุมมอง 3 ด้าน ทั้งด้านหน้า ด้านบน และด้านข้าง ดังแสดงในรูปที่ 9.10



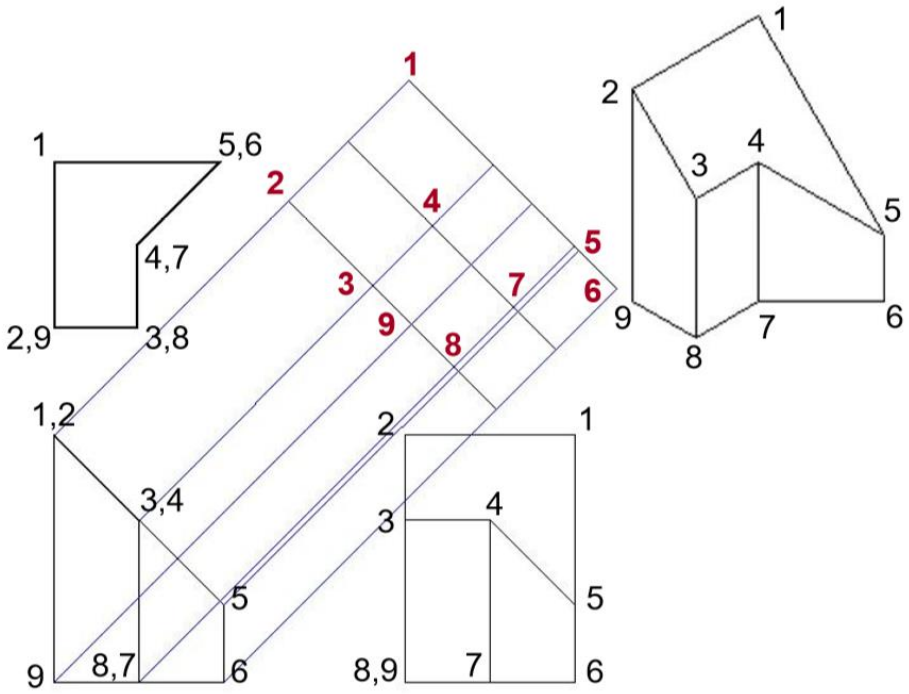
รูปที่ 9.10 การเขียนภาพช่วย ขั้นตอนที่ 1 (PLTW, 2017)

- **ขั้นตอนที่** 2 กำหนดมิติที่แท้จริงที่จะแสดงในภาพช่วย วาดเส้นร่างที่เว้นระยะห่างอย่างเหมาะสมซึ่งจะดึงภาพช่วย และเส้นร่างนี้จะถูกใช้เป็นเส้นอ้างอิงขนานกับขอบมุม ดังแสดงในรูปที่ 9.11



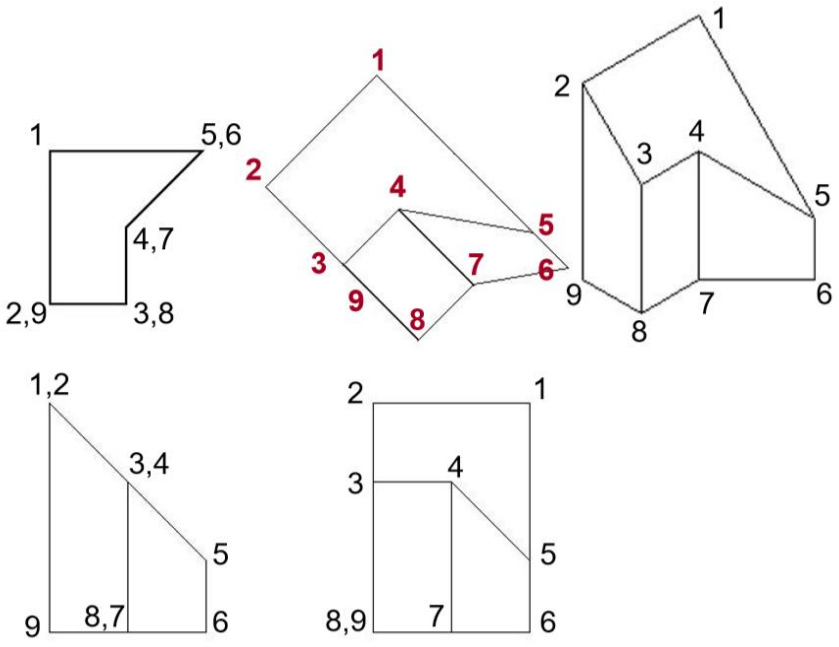
รูปที่ 9.11 การเขียนภาพช่วย ขั้นตอนที่ 2 (PLTW, 2017)

- **ขั้นตอนที่ 3** ลากเส้นร่างออกจากมุมมองแต่ละมุม ภาพช่วยจะเป็นการหมุน 90^{O} ของมุมมอง โดยเส้นจะต้องตั้งฉากกับขอบมุม ระบุความสัมพันธ์ระหว่างมุมวัตถุและจุดตัดของเส้นร่าง ดังแสดงในรูปที่ 9.12



รูปที่ 9.12 การเขียนภาพช่วย ขั้นตอนที่ 3 (PLTW, 2017)

- **ขั้นตอนที่ 4** ลากเส้นวัตถุเพื่อเชื่อมต่อภาพที่เกิดจากการตัดกันของเส้นร่าง ดังแสดงในรูปที่ 9.13



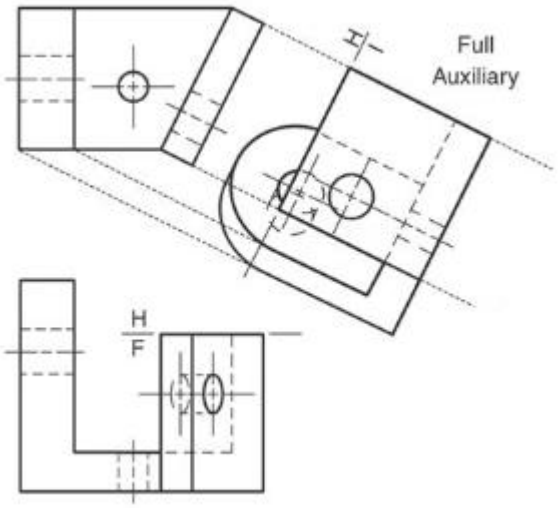
รูปที่ 9.13 การเขียนภาพช่วย ขั้นตอนที่ 4 (PLTW, 2017)

9.5 ประเภทการเขียนภาพช่วย

สำหรับประเภทของการเขียนภาพช่วยสามารถเขียนได้ 3 วิธี ได้แก่ (1) การเขียนภาพช่วยแบบเต็ม (Full Auxiliary) (2) การเขียนภาพช่วยแบบครึ่ง (Half Auxiliary) และ (3) การเขียนภาพช่วยเฉพาะส่วน (Partial Auxiliary)

9.5.1 การเขียนภาพช่วยแบบเต็ม (Full Auxiliary)

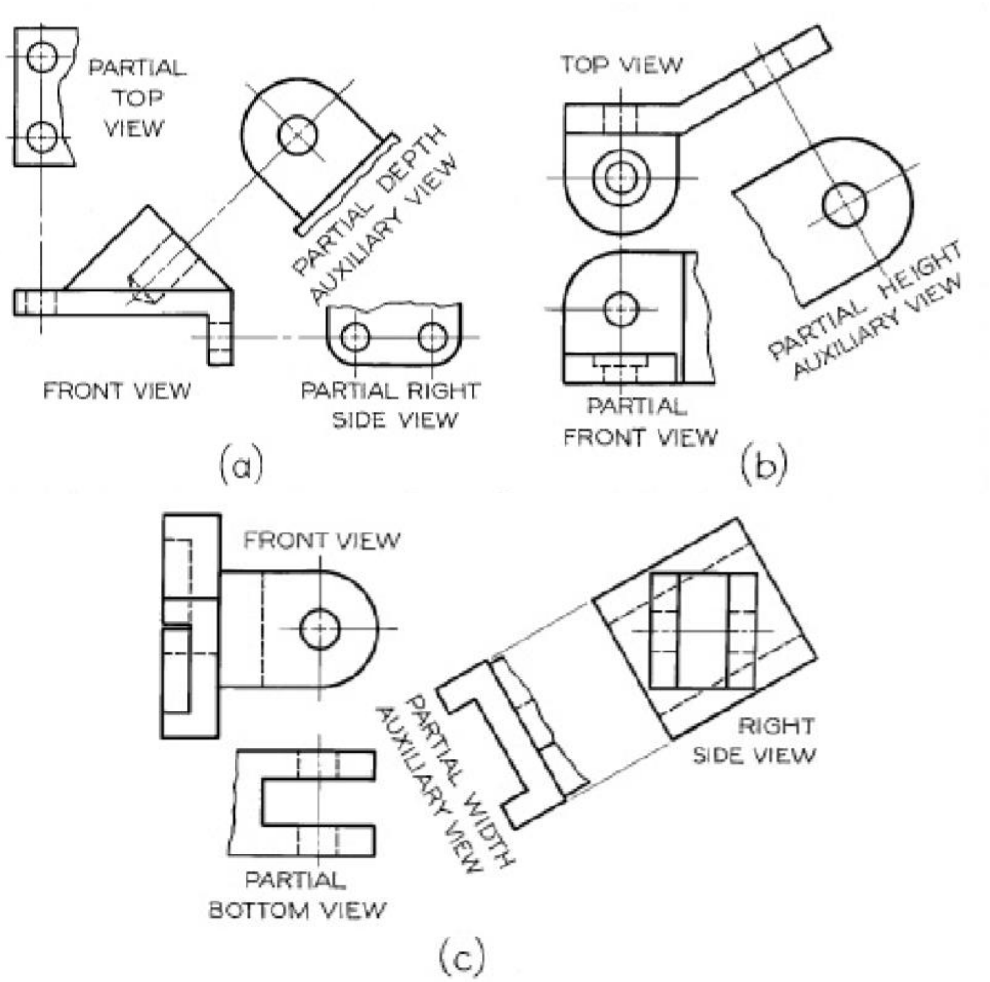
การเขียนภาพช่วยแบบเต็ม (Full Auxiliary) เป็นการมองภาพให้ตั้งฉากกับผิวเอียงเห็นส่วนไหนของชิ้นงานต้องเขียนภาพทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 9.14



รูปที่ 9.14 การเขียนภาพช่วยแบบเต็ม (Full Auxiliary) (www.ceet.niu.edu/)

9.5.2 การเขียนภาพช่วยเฉพาะส่วน (Partial Auxiliary)

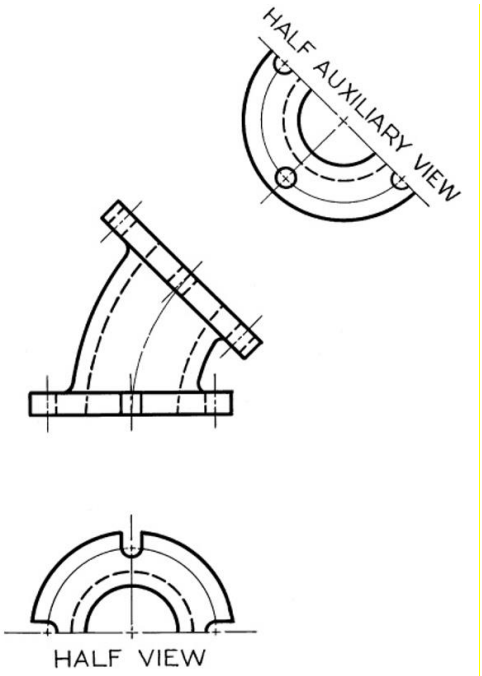
การเขียนภาพช่วยเฉพาะส่วน (Partial Auxiliary) มักเพียงพอและอ่านง่ายขึ้น มุมมองปกติบางส่วนและมุมมองเสริมบางส่วน (ดังแสดงในรูปที่ 9.15) โดยทั่วไปแล้วจะใช้เส้นเบรกเพื่อระบุตัวแบ่งจินตภาพในมุมมอง โดยไม่ต้องวาดเส้นแบ่งตรงกับเส้นที่มองเห็นหรือเส้นที่ซ่อนอยู่



รูปที่ 9.15 การเขียนภาพช่วยเฉพาะส่วน (Partial Auxiliary) (www.ceet.niu.edu/)

9.5.3 **การเขียนภาพช่วยแบบครึ่ง** (Half Auxiliary)

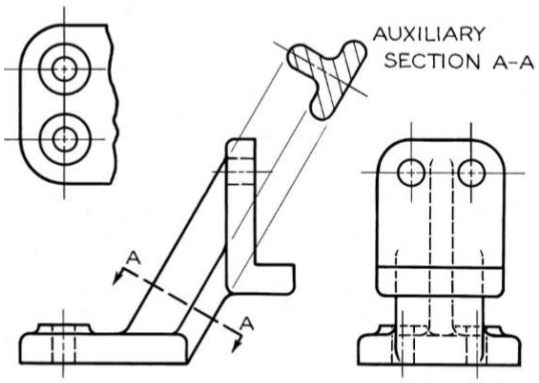
หากภาพช่วยมีความสมมาตรและหากจำเป็นต้องประหยัดพื้นที่ในการวาดหรือเพื่อประหยัดเวลา อาจเขียนภาพช่วยแบบครึ่ง (Half Auxiliary) (ดังแสดงในรูปที่ 9.16) ในกรณีนี้ครึ่งหนึ่งของมุมมองปกติจะปรากฏขึ้นเช่นกันเนื่องจากหน้าแปลนด้านล่างมีความสมมาตรเช่นกัน



รูปที่ 9.16 การเขียนภาพช่วยแบบครึ่ง (Half Auxiliary) (www.ceet.niu.edu/)

9.6 ภาพตัดช่วย (Auxiliary Sections)

ภาพตัดช่วย (Auxiliary section) เป็นเพียงมุมมองเสริมบางส่วน ภาพตัดช่วยทั่วไปแสดงไว้ดังตัวอย่าง (ดังแสดงในรูปที่ 9.17) มีพื้นที่ไม่เพียงพอสำหรับส่วนที่มีการหมุนเวียนแม้ว่าจะสามารถใช้ส่วนที่ลบออกได้แทนภาพตัดช่วย



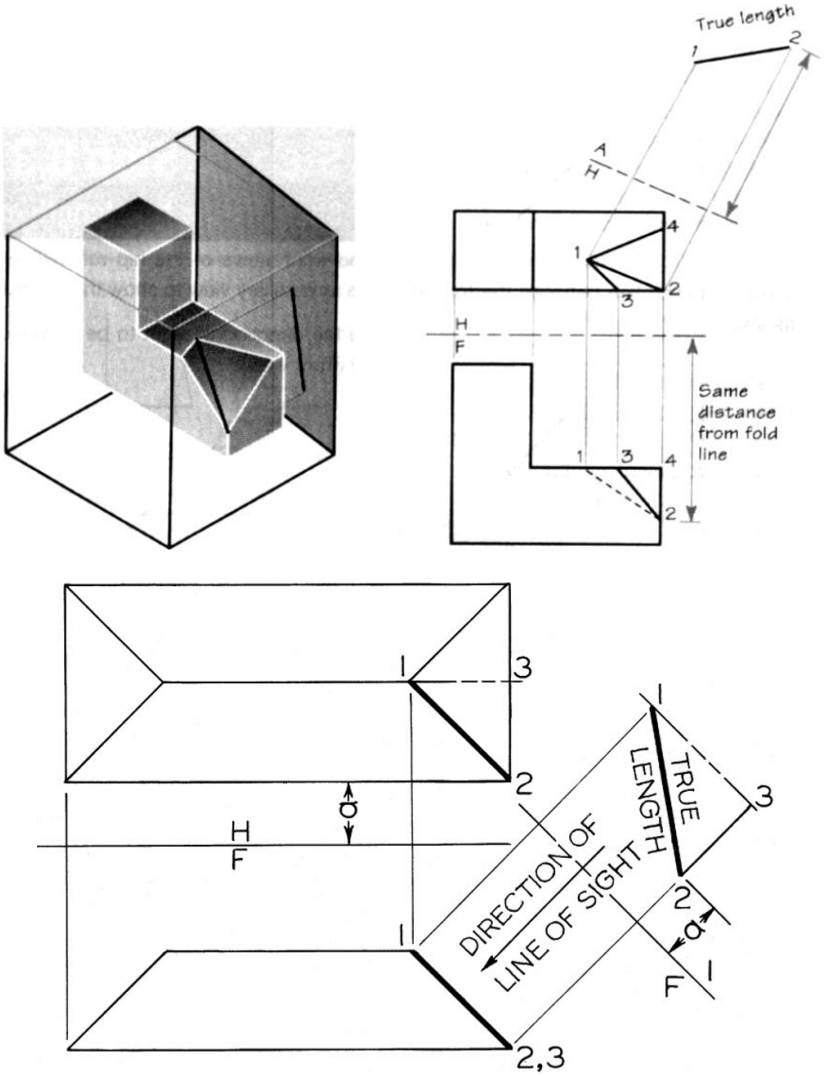
รูปที่ 9.17 ภาพตัดช่วย (Auxiliary Sections) (www.ceet.niu.edu/)

9.7 การใช้งานภาพช่วย (Uses of Auxiliary Views)

โดยทั่วไปภาพช่วยจะใช้ในการแสดงรูปร่างที่แท้จริงหรือมุมที่แท้จริงของคุณสมบัติที่ปรากฏบิดเบี้ยวในมุมมองปกติ มุมมองเสริมมักใช้เพื่อสร้างมุมมองที่แสดงดังต่อไปนี้

9.7.1 **ความยาวจริงของเส้น** (True length of line, TL)

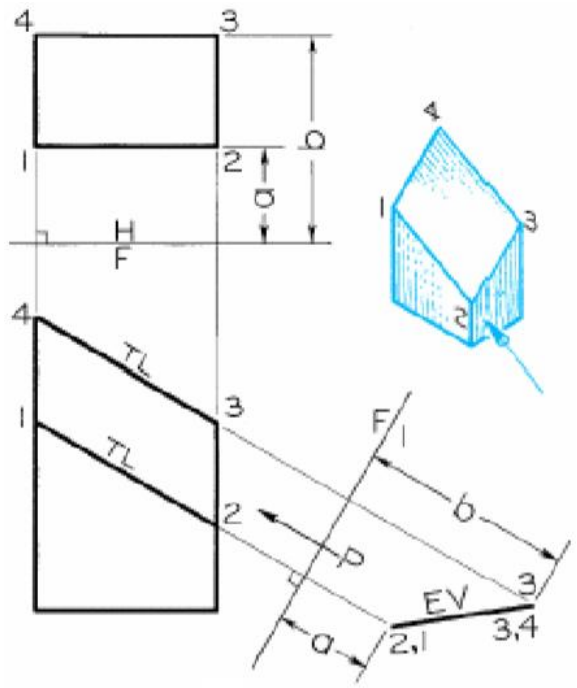
ความยาวที่แท้จริงของเส้น ดังที่แสดงในรูปที่ 9.18 เส้นจะแสดงความยาวจริงในระนาบของเส้นโครงที่ขนานกับเส้น กล่าวอีกนัยหนึ่งเส้นจะแสดงความยาวจริงในภาพช่วยที่ทิศทางการมองเห็นตั้งฉากกับเส้น



รูปที่ 9.18 ความยาวจริงของเส้น (University of Florida, 2020)

9.7.2 **มุมมองจุดของเส้น** (Point view of line, PV)

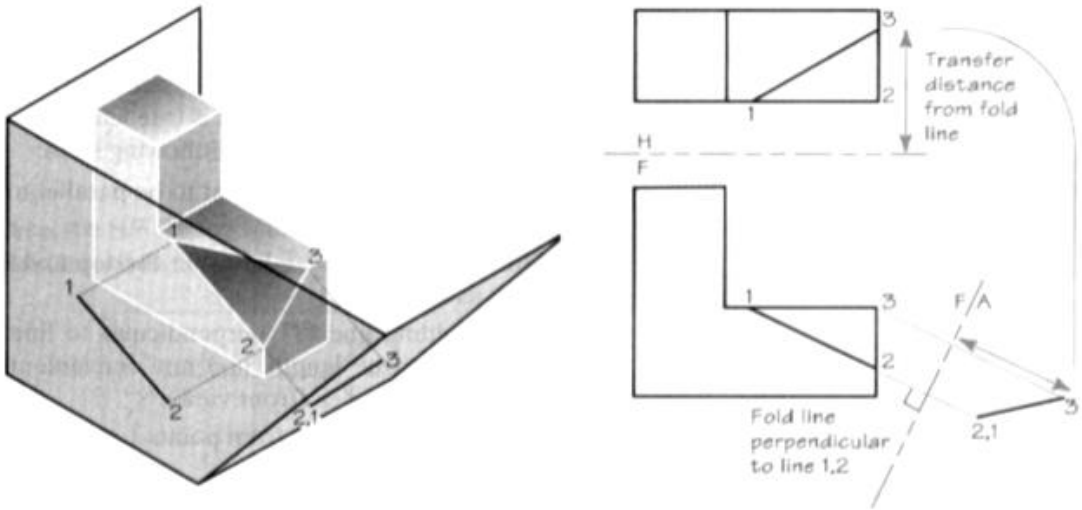
ดังที่แสดงในรูปที่ 9.19 เส้นจะแสดงเป็นมุมมองแบบจุดเมื่อฉายไปยังระนาบแนวตั้งฉาก ซึ่งในการแสดงมุมมองจุดของเส้นเลือกทิศทางการมองเห็นขนานกับเส้นที่มีความยาวจริง



รูปที่ 9.19 มุมมองจุดของเส้น (www.ceet.niu.edu/)

9.7.3 มุมมองขอบระนาบ (Edge view of plane, EV)

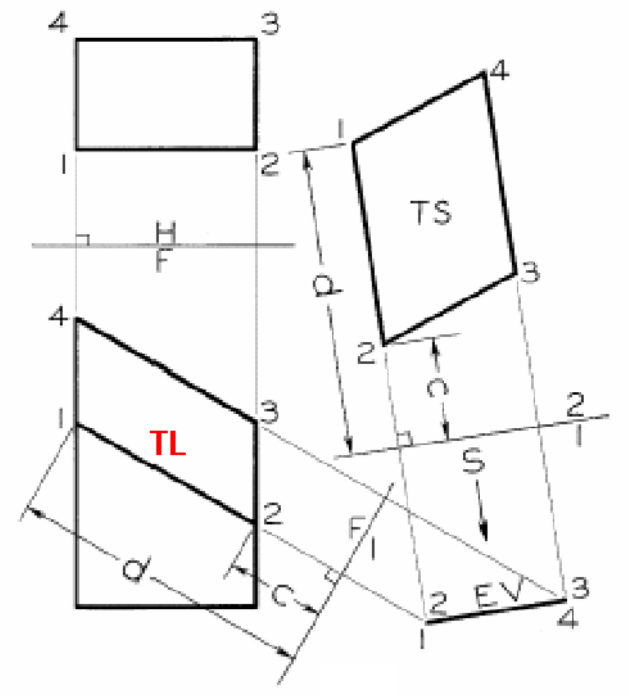
ดังที่แสดงในรูปที่ 9.20 ระนาบจะแสดงที่ขอบในระนาบการฉายซึ่งแสดงมุมมองจุดของเส้นใด ๆ ที่อยู่ภายในระนาบ ในการรับมุมมองจุดของเส้นทิศทางของการมองเห็นจะต้องขนานกับแนวที่มีความยาวจริง ในการแสดงมุมมองขอบของระนาบให้เลือกทิศทางการมองเห็นขนานกับเส้นที่มีความยาวจริงวางอยู่บนระนาบ



รูปที่ 9.20 มุมมองขอบระนาบ (www.ceet.niu.edu/)

9.7.4 **ขนาดจริงของระนาบ** (True size of plane, TS)

ดังแสดงในรูปที่ 9.21 ด้านล่างเครื่องบินจะแสดงขนาดที่แท้จริงเมื่อระนาบการฉายขนานกับมัน หากต้องการแสดงขนาดและรูปร่างที่แท้จริงของพื้นผิวเฉียง เช่น พื้นผิว 1-2-3-4 ในภาพด้านล่างให้สร้างภาพช่วยรอง

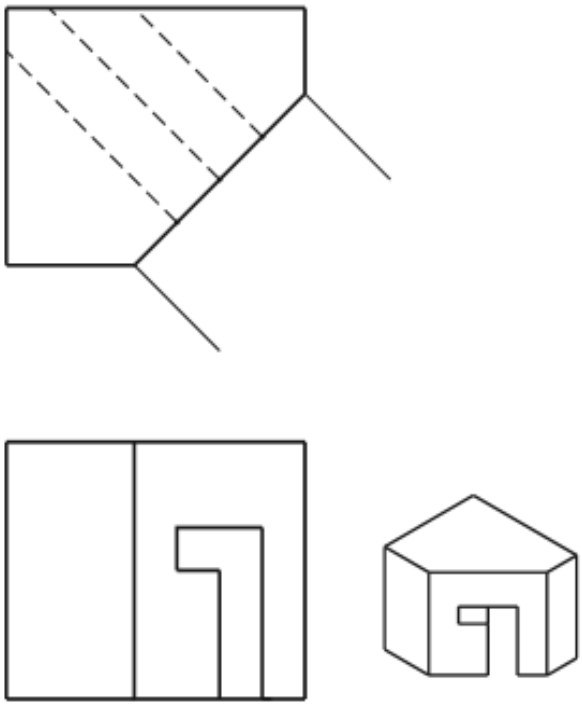


รูปที่ 9.21 ขนาดจริงของระนาบ (www.ceet.niu.edu/)

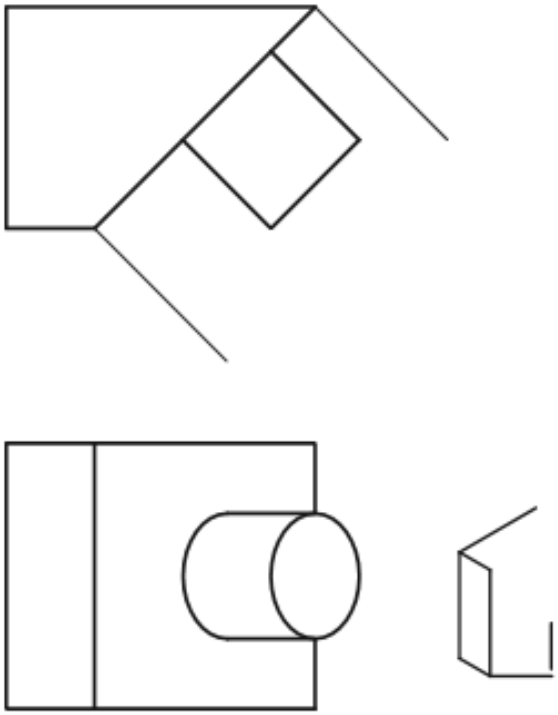
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 9

(1) จงสเก็ตช์ภาพช่วยที่หายไปให้สมบูรณ์

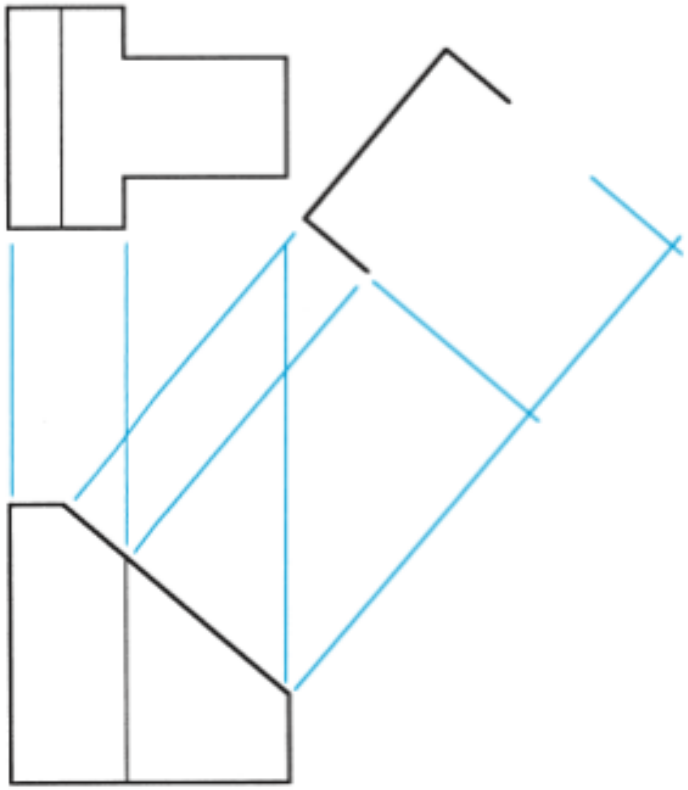
(a)



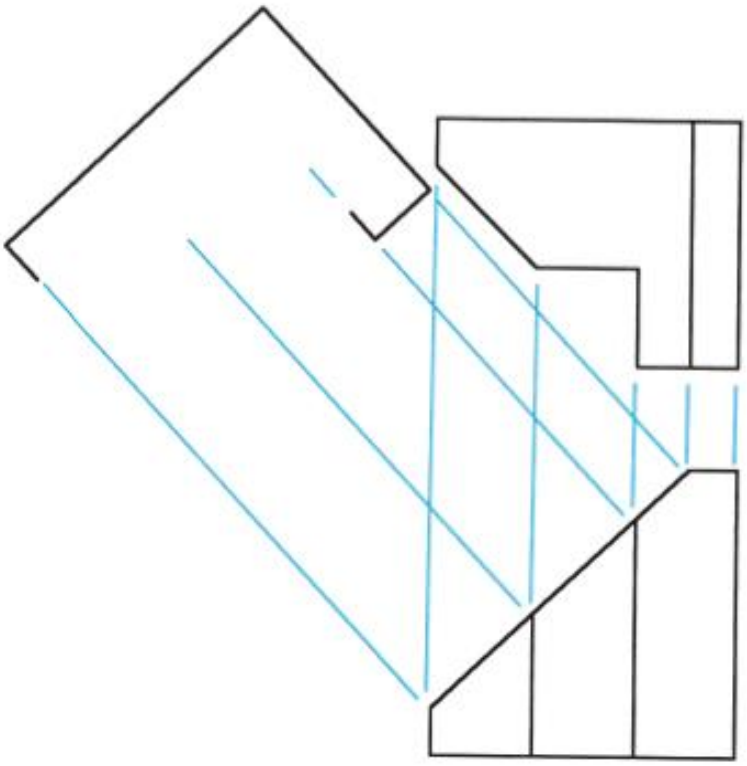
(b)



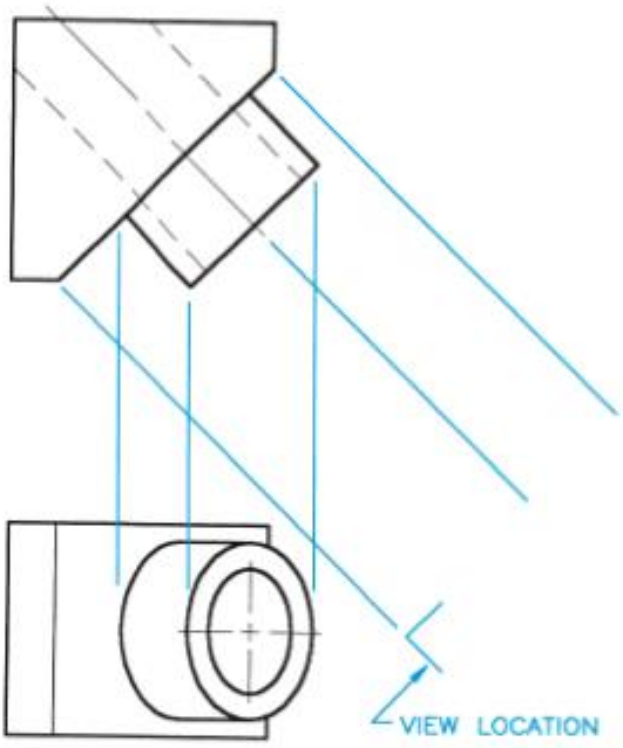
(c)



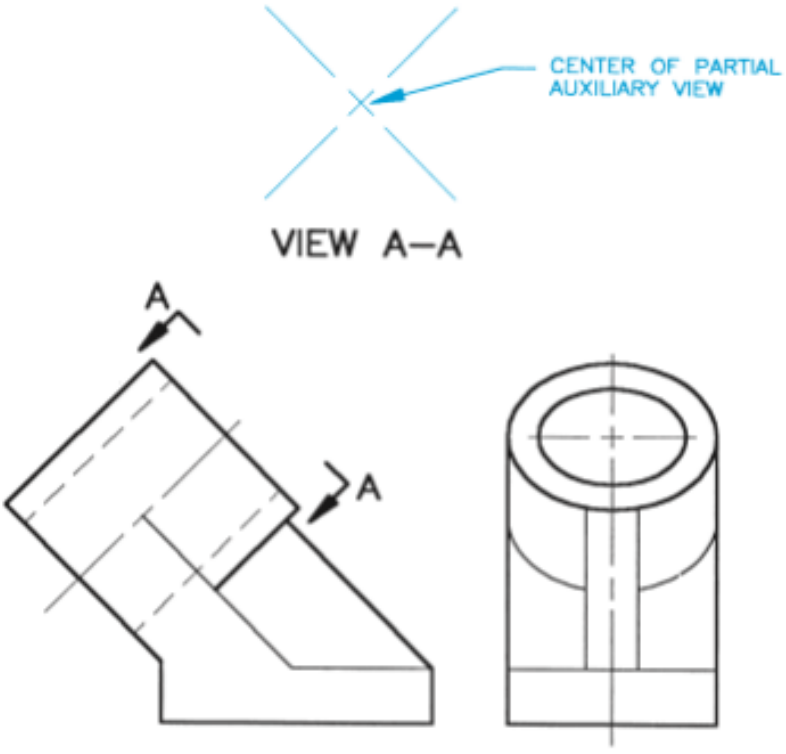
(d)



(e)

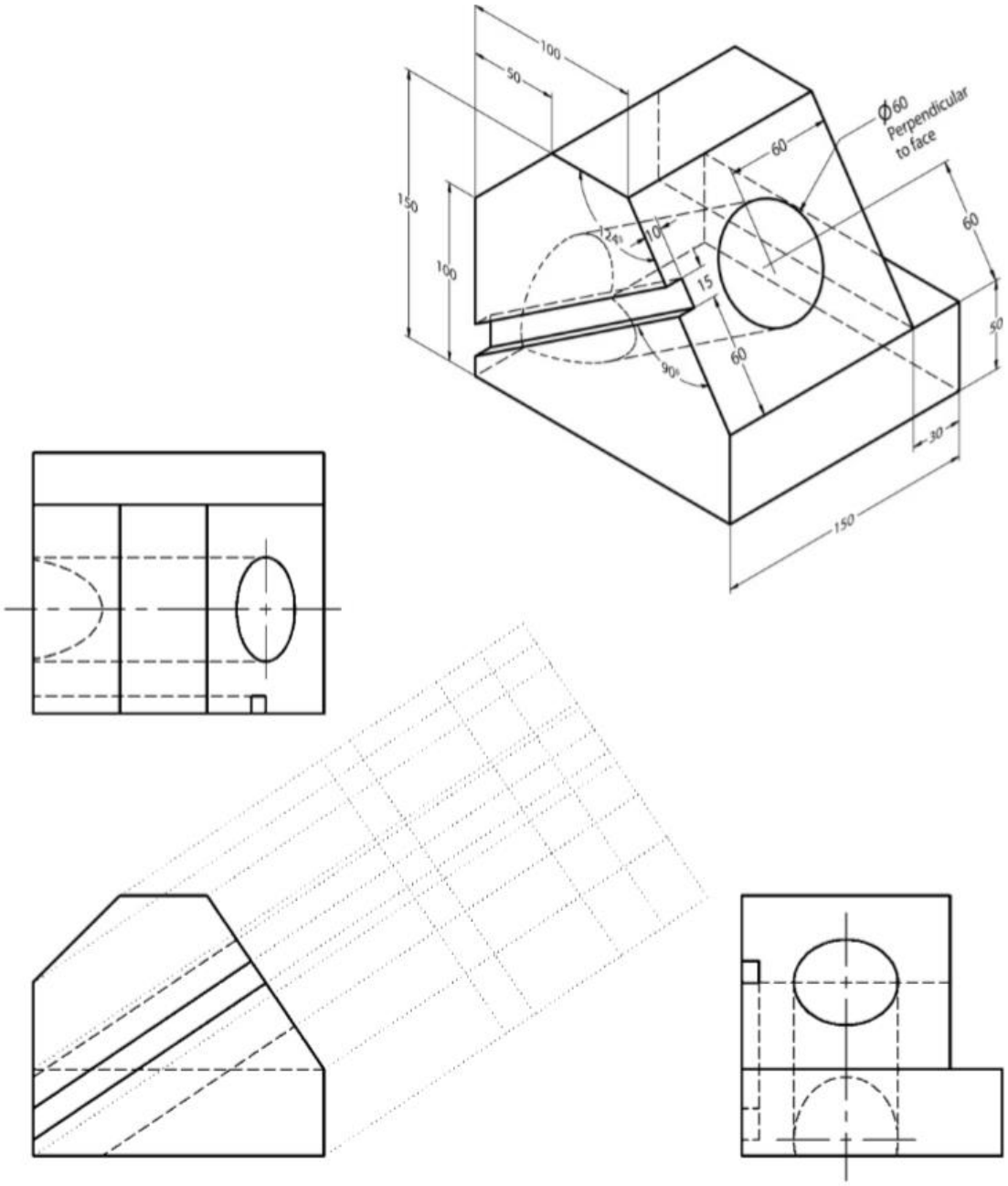


(f)

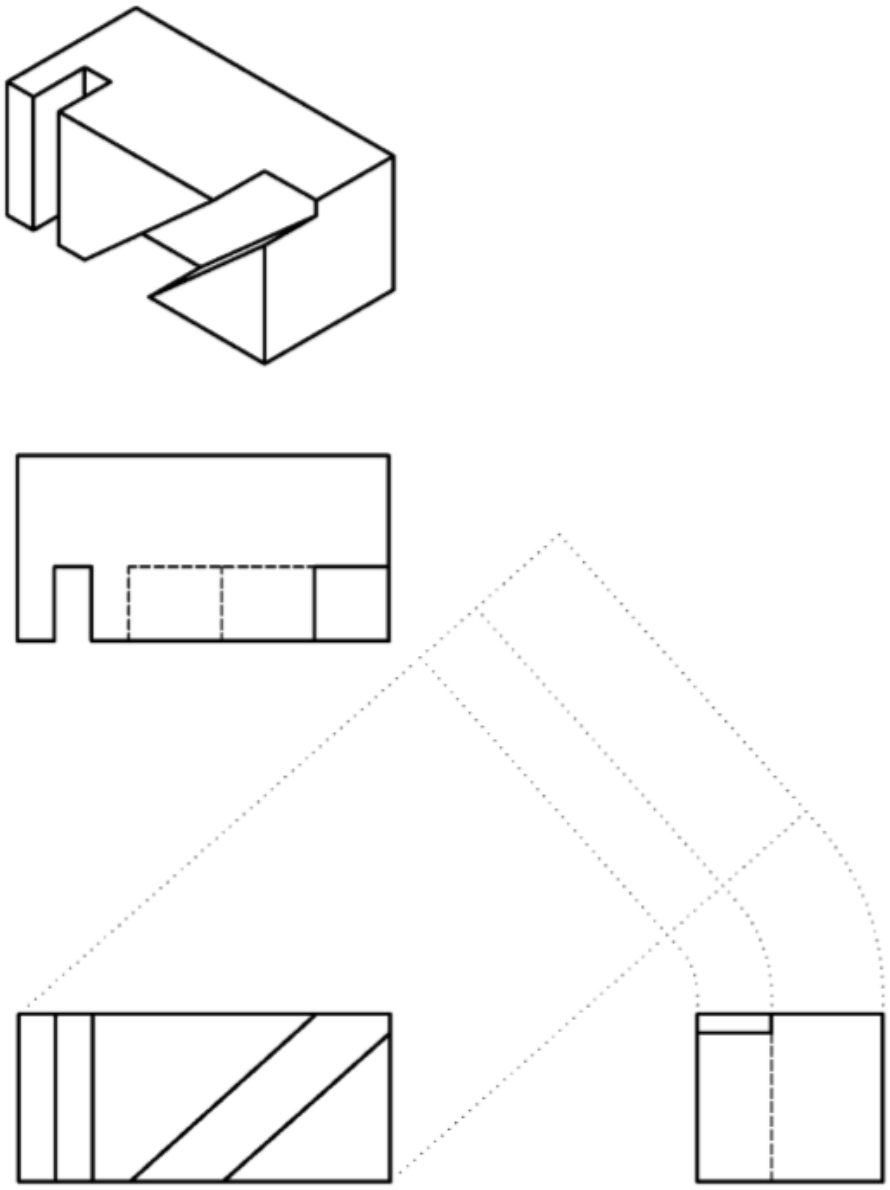


(2) จงสเก็ตช์ภาพช่วยที่หายไปให้สมบูรณ์

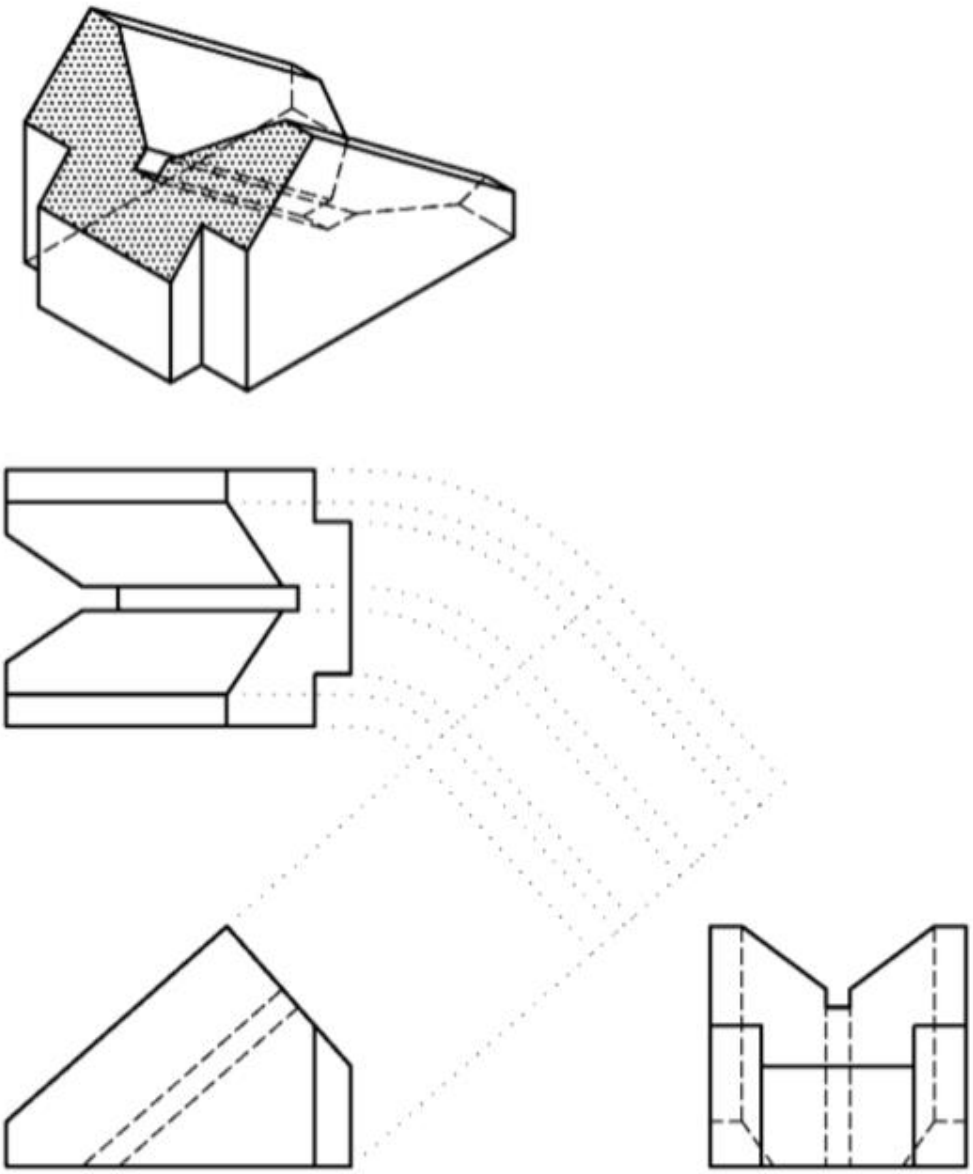
(a)



(b)



(c)



บทที่ 10
การเขียนภาพประกอบและภาพแยกชิ้น

10.1 การเขียนภาพประกอบ

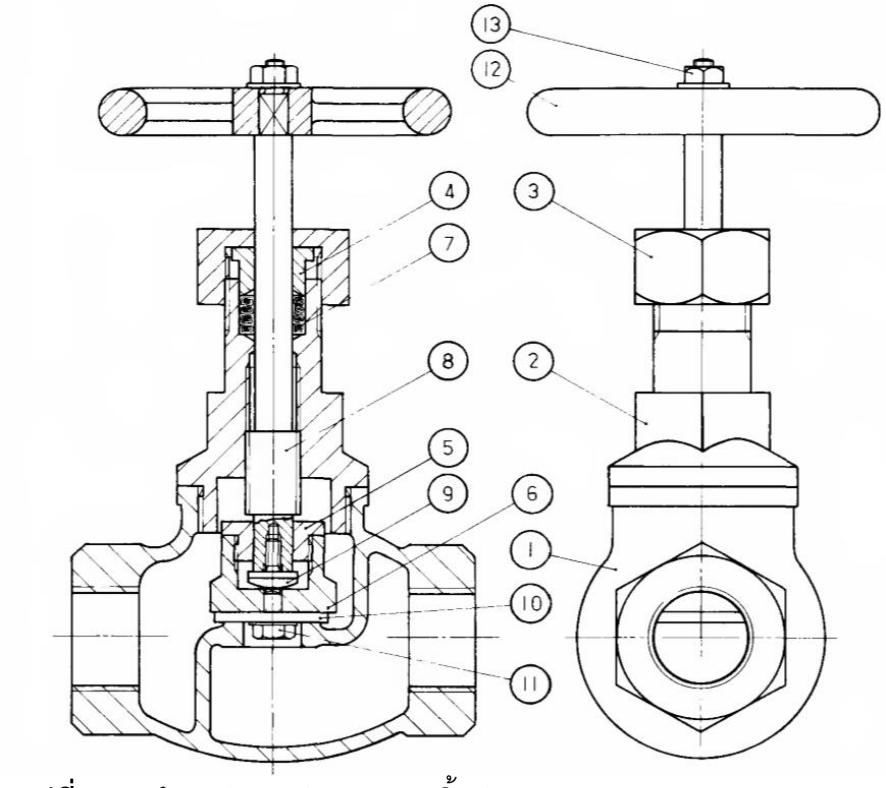
การเขียนแบบภาพประกอบ (Assembly) คือ การเขียนแบบที่แสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นที่มีความสัมพันธ์กันตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไป สำหรับแสดงให้เห็นตำแหน่งการติดตั้งชิ้นส่วนทุกชิ้น ทำให้ผู้อ่านแบบหรือผู้ที่มี ความเกี่ยวข้องกับการนา แบบงานไปใช้งานนั้นมีความเข้าใจยิ่งขึ้น ซึ่งแบบงานภาพประกอบก็จะ แสดงหมายเลขของชิ้นส่วนทั้งหมด แบบภาพประกอบมีใช้กันอยู่ในแทบจะทุกสาขางานในทางด้านช่างอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะ เป็นอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมแม่พิมพ์โลหะ อุตสาหกรรมแม่พิมพ์พลาสติก อุตสาหกรรมการผลิตในลักษณะต่างๆ เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า ของเล่น งานเชื่อม เป็นต้น เนื่องจากการเขียนแบบภาพประกอบจะใช้ในงานทางด้านเครื่องมือกล ในเอกสารประกอบการสอนนี้จะกล่าวถึงในเบื้องต้นเท่านั้น

10.1.1 ประโยชน์ของภาพประกอบ

ในงานการผลิตทางด้านอุตสาหกรรมสิ่งที่สำคัญ คือ การสื่อสารเกี่ยวกับลักษณะงานที่จะทำการผลิตที่ตรงกันระหว่าง ลูกค้าฝ่ายเขียนแบบ และฝ่ายผลิต หากเป็นการสื่อสารเพียงวาจาโดยไม่มีแบบงานก็จะทำให้เกิดความเข้าใจไม่ตรงกัน เกิดความคลาดเคลื่อน และข้อผิดพลาดในการ ผลิตทำให้ไม่ได้ลักษณะงานตรงกับความต้องการ ดังนั้น เพื่อลดปัญหาความยุ่งยากที่จะเกิดขึ้นจึงจำเป็นต้องสื่อสารกันด้วยแบบงานเพื่อลด ปัญหาดังกล่าว แบบงานภาพประกอบก็มีความสำคัญต่อการผลิตเช่นกัน เพราะจะทา ให้ฝ่ายผลิตเข้าใจใน ลักษณะของงานที่จะทำการผลิตมากขึ้น ส่งผลให้มีความเข้าใจในกระบวนการผลิต การเลือกใช้ เครื่องมือให้เหมาะสมกับลักษณะงานที่จะทำการผลิต ลดข้อผิดพลาดในกระบวนการผลิต หรือแม้กระทั่งในการประกอบงาน ให้ได้ถูกต้องตรงตำแหน่ง อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นคู่มือในการประกอบงาน เช่นเครื่องจักรกล เครื่องใช้ต่างๆ ของเล่นประกอบ แม่พิมพ์พลาสติก แม่พิมพ์โลหะ เป็นต้น ประโยชน์ของแบบงานภาพประกอบมีดังนี้

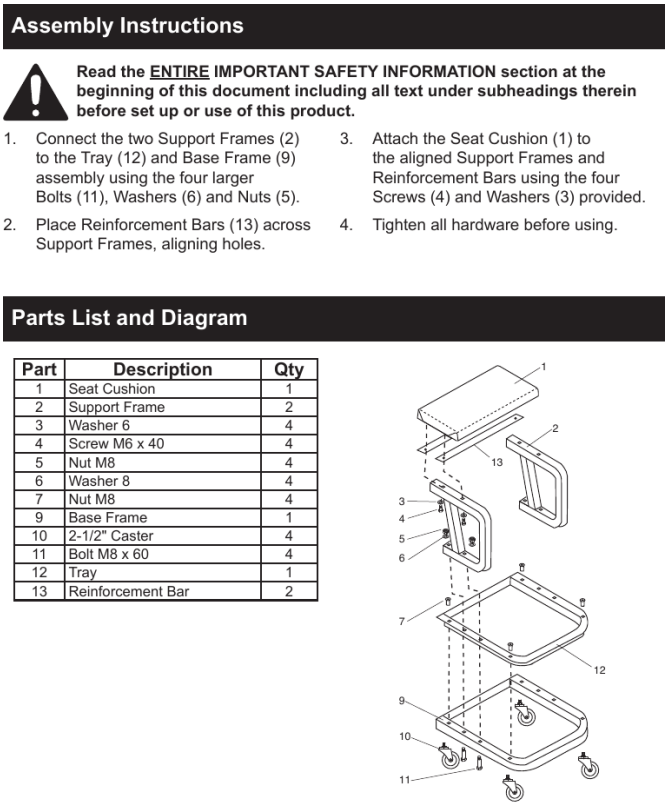
- **แสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนต่าง ๆ**
  งานที่มีการประกอบโดยเฉพาะงานที่มีชิ้นส่วนจำนวนมาก ซึ่งถ้าไม่มีรายละเอียดของการประกอบในเรื่องของตำแหน่งในการประกอบก็จะทำให้การประกอบนั้นไม่ถูกต้อง

หรือต้องใช้เวลาในการประกอบยาวนาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าชิ้นส่วนมีขนาด และรูปร่างที่ใกล้เคียงกันจะทำให้เกิดความยุ่งยากและสับสนในการประกอบมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 10.1



รูปที่ 10.1 ตำแหน่งการประกอบของชิ้นส่วน (http://www.attc.ac.th, [online])

- **การถอดและประกอบชิ้นส่วนทำได้สะดวกและง่ายขึ้น**
  ส่วนใหญ่ในการผลิตเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในงานอุตสาหกรรม จะเป็นการผลิต แบบแยกการผลิตโดยชิ้นส่วนแต่และชิ้นจะมีการผลิตที่กระจายเป็นสถานี ดังนั้นแบบภาพประกอบจึงเป็นตัวช่วยที่ทำให้สามารถประกอบได้ง่ายขึ้น เพราะมีหมายเลขของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นที่ชัดเจน
- **เป็นคู่มือในการซ่อมบำรุงและเอกสารประจำเครื่องจักร**
  เครื่องจักรกลที่ใช้ในการผลิตเมื่อใช้ไประยะหนึ่งก็จะมีชิ้นส่วนบางชิ้นที่ชำรุดและต้องทำการปรับแต่งแก้ไข ซ่อมบำรุงให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ตามปกติ ดังนั้น แบบภาพประกอบสามารถใช้เป็นตัวอย่างในการถอดและประกอบเครื่องจักรกลแล้วนั้นในการผลิตเครื่องจักรกลจำหน่ายยังต้องมีคู่มือหรือเอกสารประกอบเพื่อให้ผู้ใช้งานได้ดูรายละเอียดก่อนการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 10.2



Assembly Instructions

Read the ENTIRE IMPORTANT SAFETY INFORMATION section at the beginning of this document including all text under subheadings therein before set up or use of this product.

1. Connect the two Support Frames (2) to the Tray (12) and Base Frame (9) assembly using the four larger Bolts (11), Washers (6) and Nuts (5).
2. Place Reinforcement Bars (13) across Support Frames, aligning holes.
3. Attach the Seat Cushion (1) to the aligned Support Frames and Reinforcement Bars using the four Screws (4) and Washers (3) provided.
4. Tighten all hardware before using.

Parts List and Diagram

Part	Description	Qty
1	Seat Cushion	1
2	Support Frame	2
3	Washer 6	4
4	Screw M6 x 40	4
5	Nut M8	4
6	Washer 8	4
7	Nut M8	4
9	Base Frame	1
10	2-1/2" Caster	4
11	Bolt M8 x 60	4
12	Tray	1
13	Reinforcement Bar	2

รูปที่ 10.2 ตัวอย่างคู่มือ (https://usermanual.wiki/Harbor-Freight, [online])

10.1.2 องค์ประกอบของแบบงานภาพประกอบ

ในแบบภาพประกอบนั้นไม่ได้มีแต่เพียงแต่ตัวของแบบงานและหมายเลขชี้แต่ละชิ้นส่วนเพียงเท่านั้น ทั้งนี้จะต้องแสดงชิ้นส่วนให้ครบทุกชิ้นทั้งภายนอกและภายในของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ให้ครบถ้วน ภาพประกอบที่จะแสดงเพียงภาพเดียวแล้วเห็นชิ้นส่วนครบทั้งหมด เป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงต้องมีการแสดงเป็นภาพด้านอื่นๆ เพื่อให้เห็นชิ้นส่วนที่ถูกบังแต่ทั้งนี้ก็ต้องใช้จำนวนภาพให้น้อยที่สุด

- **จำนวนภาพ**

  ในการเขียนแบบภาพประกอบเป็นการแสดงให้เห็นตำแหน่งของ ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นประกอบกันอย่างไร ชิ้นส่วนใดมีความสัมพันธ์กันบ้าง เป็นต้น ในแบบงานภาพประกอบผู้เขียนแบบพิจารณาโดยยึดหลักการเขียนจำนวนภาพให้น้อยที่สุดแต่ต้องสามารถเห็นรายละเอียดของ ชิ้นส่วนต่างๆ ของแบบงานได้ทั้งหมด

- **ภาพตัด**

  การเขียนงานประกอบโดยมีชิ้นส่วนที่ประกอบสวมเข้าด้วยกัน หรือซ้อนกัน ซึ่งอาจทำให้เกิดความสับสนในการอ่านแบบงาน ดังนั้นจึงต้องแสดงส่วนที่ทับซ้อนกันด้วยภาพ

ตัดเพื่อจะได้ เห็นรูปร่างและชิ้นส่วนที่ทับซ้อนนั้นได้ชัดเจนด้วยภาพตัดเต็ม ภาพตัดครึ่ง หรือภาพตัดเฉพาะส่วน ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของลักษณะงาน

- **หมายเลขชิ้นงาน**

  หมายเลขชิ้นงานเป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งสำหรับแบบงาน ภาพประกอบ เพราะจะต้องใช้ควบคู่กับแบบสั่งงานในลักษณะภาพแยกชิ้น โดยที่หมายเลขชิ้นงาน ที่แสดงจะต้องตรงกันทั้งในส่วนของแบบภาพประกอบและภาพแยกชิ้น หมายเลขชิ้นงานยังเป็นตัว ในการกำหนดหมายเลขชิ้นงานถ้าเป็นชิ้นงานที่เหมือนกันก็จะถือเป็นหนึ่งหมายเลข

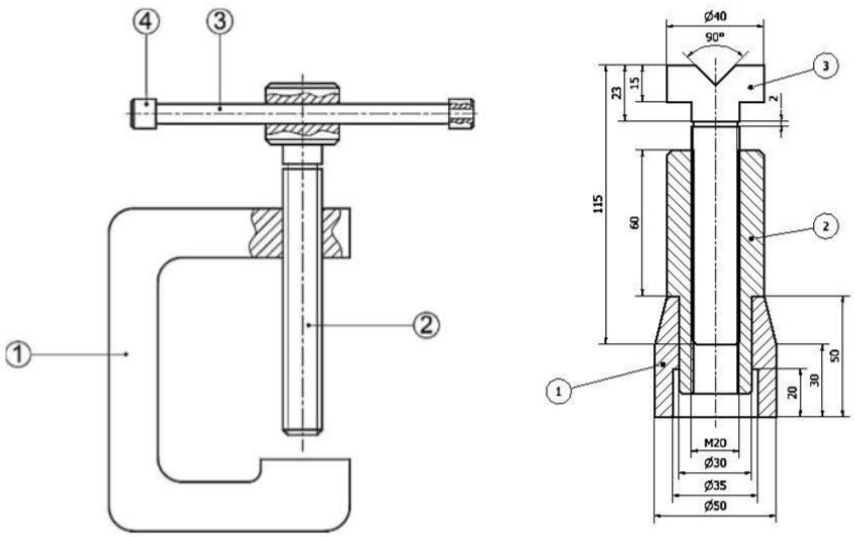
10.1.3 ลักษณะของแบบภาพประกอบ

- **แบบภาพประกอบที่ไม่กำหนดขนาดลงในแบบงาน**

  แบบภาพประกอบลักษณะนี้ จะมีเฉพาะภาพประกอบของชิ้นส่วนพร้อมหมายเลขชิ้นส่วนกำกับไว้ เพื่อแสดงให้เห็นจำนวนชิ้นส่วนที่ใช้สำหรับงานประกอบ ซึ่งในส่วนรายละเอียด เกี่ยวกับขนาด คุณภาพผิว พิกัดความเผื่อ และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตจะถูกแสดงไว้ที่แบบแยก ชิ้น ภาพประกอบที่ไม่มีกำหนดขนาดส่วนมากจะใช้กับงานผลิตเครื่องมือกลและเครื่องจักรกลที่มี ชิ้นส่วนจำนวนมาก ถ้าบอกขนาดลงในแบบภาพประกอบจะทำให้เกิดความสับสนในการอ่านแบบได้ ดังแสดงในรูปที่ 10.3 (ก)

- **แบบภาพประกอบที่กำหนดขนาดลงในแบบงาน**

  โดยปกติในการเขียนแบบภาพประกอบมักจะไม่นิยมกำหนดขนาดลงในแบบงาน เนื่องจากจะทำให้การอ่านแบบเกิดความยุ่งยากและอาจเกิดความสับสนได้ ซึ่งการกำหนดขนาดลง ในแบบงานภาพประกอบก็สามารถกระทำได้ ในกรณีที่มีส่วนประกอบไม่มาก จะเป็นการกำหนด ขนาดเพื่อบอกระยะการประกอบของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นก็ได้ หรือจะเป็นการกำหนดขนาดของ ชิ้นส่วนก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 10.3(ข)



(ก) (ข)

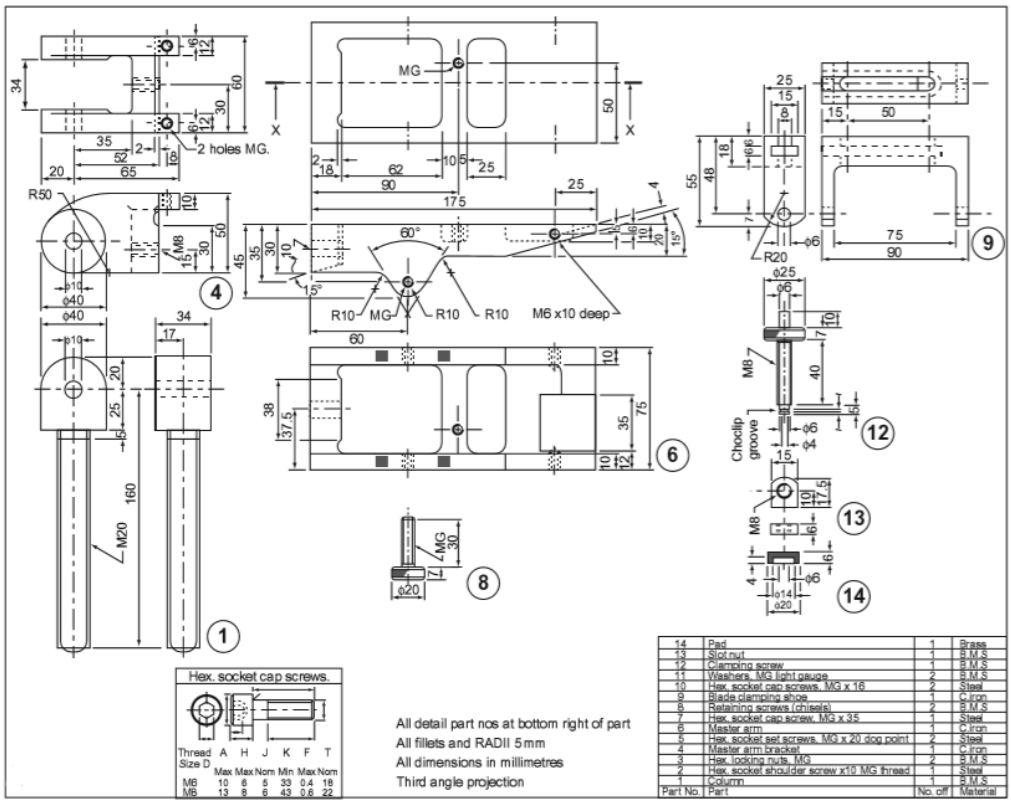
รูปที่ 10.3 ประเภทของแบบภาพประกอบ (http://www.attc.ac.th, [online])

10.1.4 ประเภทของภาพประกอบ

การสั่งงานด้านการผลิตก็จะมีการสั่งงานทั้งแบบแยกชิ้นและแบบภาพประกอบให้ฝ่ายผลิต ได้ทำการผลิตตามแบบงาน ในส่วนของแบบแยกชิ้นจะกำหนดรายละเอียดด้านการผลิตลงไปใน แบบงานอย่างครบถ้วน ส่วนแบบสั่งงานภาพประกอบนั้นจะถูกแสดงด้วยกันหลายลักษณะ แบ่งตามลักษณะงานดังนี้

- **ภาพประกอบแบบร่าง** (Layout Assembly)

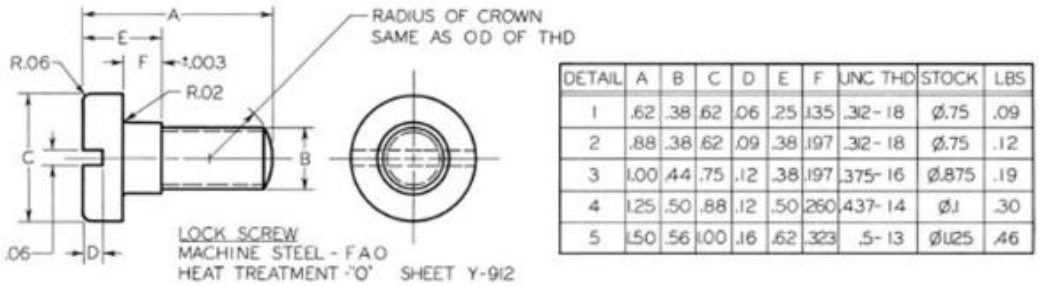
  เป็นภาพประกอบที่ผู้ออกแบบทำการร่าง แบบชิ้นส่วนประกอบ หรือออกแบบตามจินตนาการเพื่อหาขนาดต่างๆ หาระยะห่างของ ส่วนประกอบแต่ละชิ้น เพื่อดูความเป็นไปได้ของชิ้นงานที่ทำการออกแบบให้เห็นสัดส่วนของ ชิ้นงาน ความเหมาะสมของตำแหน่งต่างๆในการจัดวางชิ้นส่วนประกอบ ดังแสดงในรูปที่ 10.4



รูปที่ 10.4 ภาพประกอบแบบร่าง (Layout Assembly)

- **ภาพประกอบติดตั้ง** (Outline Assembly)

  เป็นภาพประกอบที่ให้รายละเอียดทั่วไป เกี่ยวกับเครื่องจักรหรือชิ้นส่วนประกอบ ที่แสดงรูปร่างภายนอกและความสัมพันธ์ของผิวภายนอกเท่านั้น ภาพประกอบประเภทนี้ใช้กันมากในคู่มือสินค้า ซึ่งแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับความสูงของเครื่อง ความกว้างของเครื่อง ขนาดของฐานเครื่อง ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเครื่อง เป็นต้น เพื่อเป็นข้อมูลในการเสนอสินค้าหรือข้อมูลในการติดตั้งเครื่องจักร ดังแสดงในรูปที่ 10.5



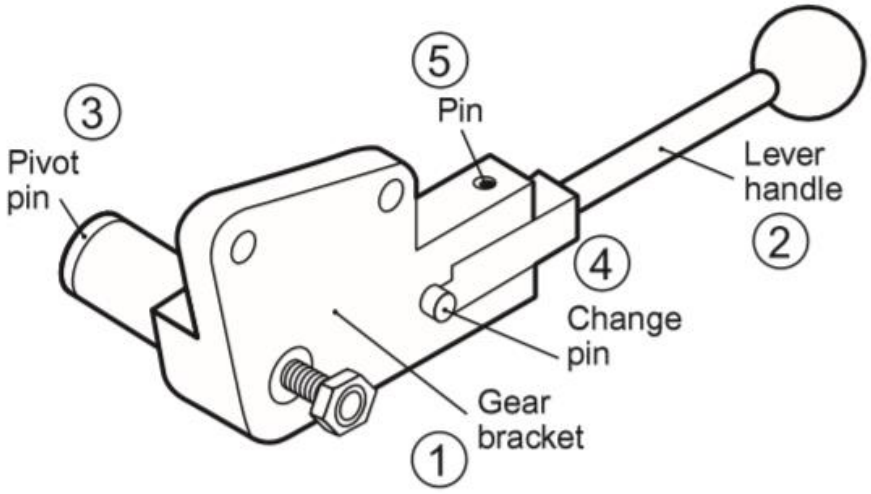
DETAIL	A	B	C	D	E	F	UNC THD	STOCK	LBS
1	.62	.38	.62	.06	.25	.135	.312- 18	Ø.75	.09
2	.88	.38	.62	.09	.38	.197	.312- 18	Ø.75	.12
3	1.00	.44	.75	.12	.38	.197	.375- 16	Ø.875	.19
4	1.25	.50	.88	.12	.50	.260	.437- 14	Ø1	.30
5	1.50	.56	1.00	.16	.62	.323	.5- 13	Ø1.125	.46

รูปที่ 10.5 ภาพประกอบแบบติดตั้ง (Outline Assembly) เครื่องกลึง

(https://slideplayer.com/slide/2433554/8/images/18, [online])

- **ภาพประกอบทั่วไป** (General Assembly)

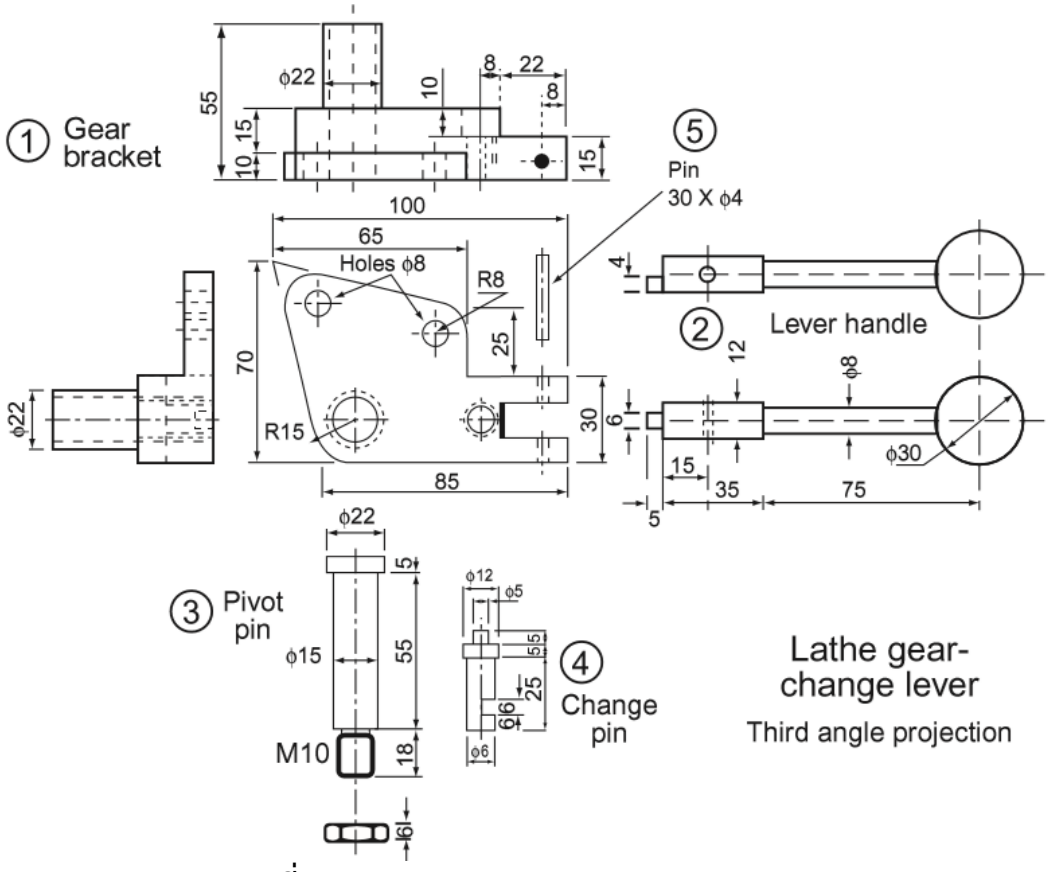
  เป็นภาพประกอบที่แสดงให้เห็น รายละเอียดของงานประกอบที่ชัดเจนถึงตำแหน่งในการสวมประกอบของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น โดยแบบงานประกอบลักษณะนี้อาจจะถูกตัดและเขียนด้วยภาพตัด ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของลักษณะงาน เพื่อแสดงให้เห็นชิ้นส่วนที่อยู่ภายในอย่างชัดเจน โดยไม่นิยมบอกขนาดในภาพประกอบประเภทนี้ ซึ่งชิ้นส่วนที่อยู่ในแบบภาพประกอบแบบทั่วไปจะมีหมายเลขชิ้นส่วนและตารางรายการกำกับไว้ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 10.6



รูปที่ 10.6 ภาพประกอบแบบทั่วไป (General Assembly)

- **แบบประกอบย่อย** (Sub-Assembly)

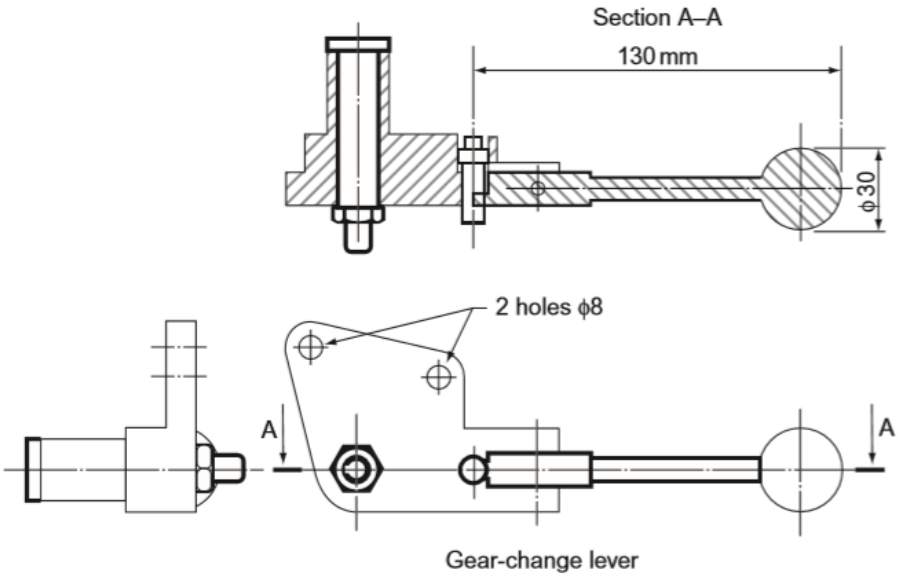
  งานประกอบโดยเฉพาะเครื่องจักรจะมีการประกอบของชิ้นส่วนจำนวนมากหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งก็คือ “การประกอบซ้อนประกอบ” เช่น เครื่องกลึงจะมีการประกอบเป็นชุดย่อยๆ เช่นประกอบชุดหัวเครื่อง ประกอบชุดเฟืองส่งกำลัง ประกอบชุดแท่นเลื่อน ประกอบชุดศูนย์ท้ายแท่น เป็นต้น จากการประกอบย่อยๆ เหล่านี้จึงนำมาประกอบรวมกันอีกครั้งตามตำแหน่งที่ได้รับการออกแบบไว้จนเป็นเครื่องกลึง ดังนั้นแบบประกอบย่อยจึงเป็นการแสดงการประกอบเฉพาะหน่วยที่ต้องการแสดง แบบประกอบนี้จะเป็นประโยชน์มากสำหรับฝ่ายประกอบ หรือฝ่ายงานซ่อมบำรุงเพราะจะตรวจสอบชิ้นส่วนเฉพาะจุดที่ เกิดความเสียหายหรือจุดที่ต้องการประกอบชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 10.7



รูปที่ 10.7 แบบประกอบย่อย (Sub-Assembly)

- **แบบประกอบภาพตัด** (Sectioned Assembly)

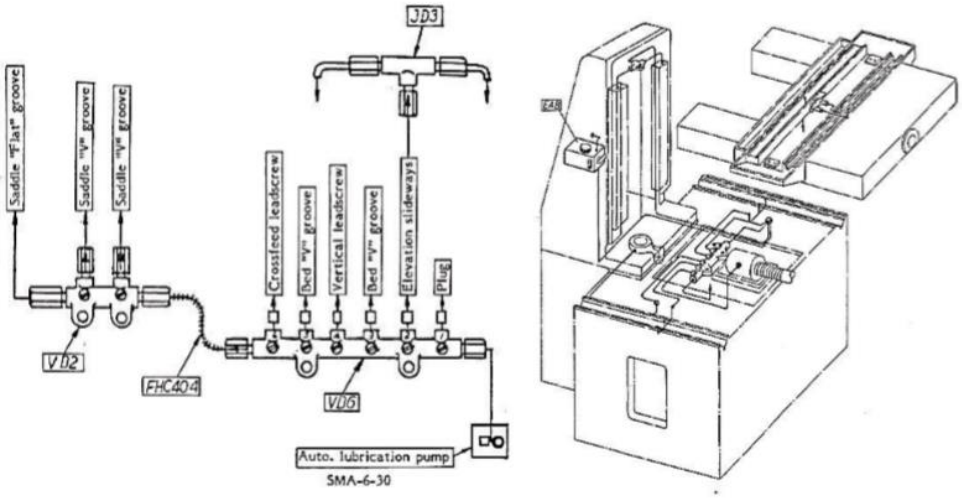
  เป็นภาพประกอบที่แสดงภาพตัดของชิ้นงานประกอบเพื่อแสดงให้เห็นชิ้นส่วนที่อยู่ภายใน ทำให้มองเห็นรายละเอียดของรูปร่างและ ขนาดรวมถึงตำแหน่งการประกอบได้อย่างชัดเจน เพราะถ้าแสดงเส้นประในชิ้นส่วนของ ภาพประกอบที่ถูกบังจะทำให้การอ่านแบบเกิดความยุ่งยากและสับสน บางครั้งทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนส่งผลเสียต่อกระบวนการผลิตเป็นอย่างยิ่ง ดังแสดงในรูปที่ 10.8



รูปที่ 10.8 แบบประกอบแบบภาพตัด (Sectioned Assembly)

- **ภาพประกอบแผนผัง** (Diagram Assembly)

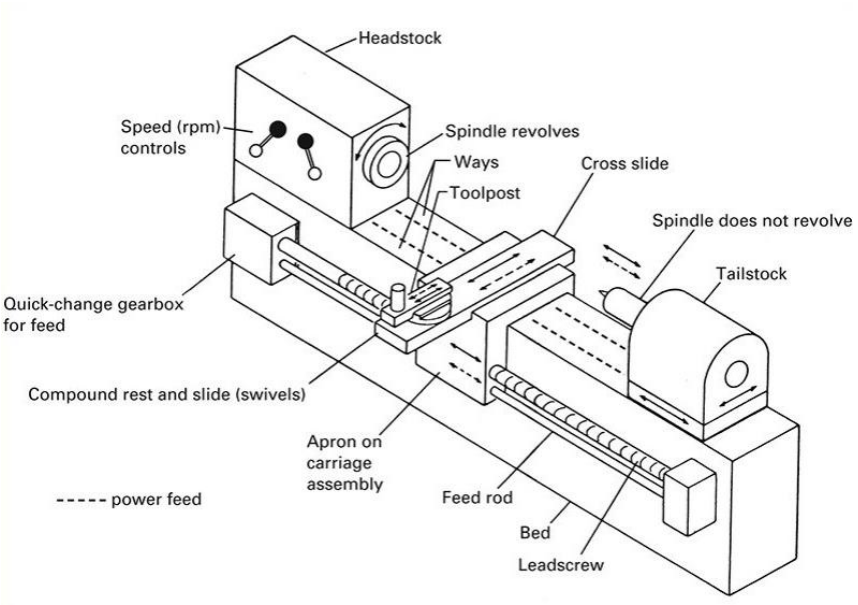
  เป็นภาพประกอบที่แสดงความสัมพันธ์ของโครงสร้างการประกอบของเครื่องจักร ซึ่งจะแสดงตำแหน่งของแต่ละส่วน ระบบไฟฟ้า ท่อ ทางเดินน้ำมันหรือน้ำมันหล่อเย็น เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 10.9



รูปที่ 10.9 ภาพประกอบแผนผัง (Diagram Assembly) (http://www.attc.ac.th, [online])

- **แบบภาพประกอบการทำงาน** (Operation Assembly)

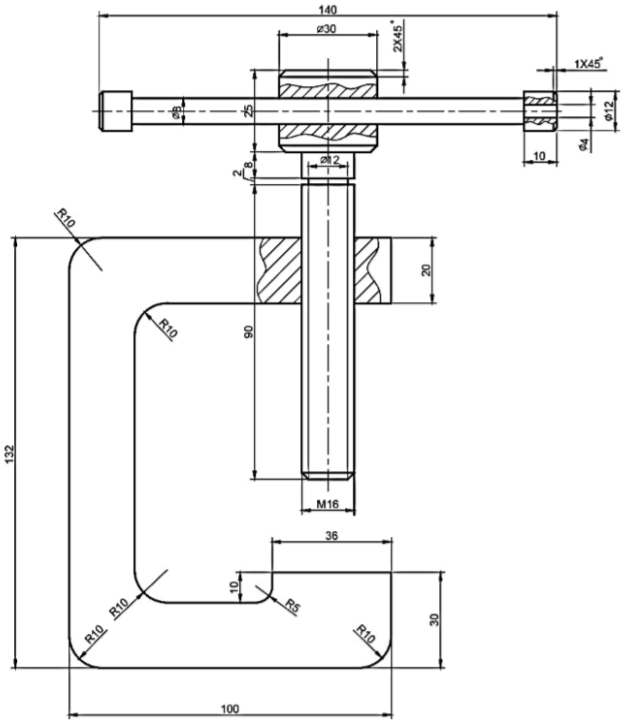
  เป็นแบบภาพประกอบที่ขยายเฉพาะส่วนเพื่อแสดงการทำงานของส่วนประกอบที่ต้องการให้เห็นการทำงานที่ชัดเจนยิ่งขึ้น หรือเป็นการขยายจุดเล็กๆ เพื่อให้สามารถมองเห็นรายละเอียดเพื่อลดข้อผิดพลาดในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 10.10



รูปที่ 10.10 แบบภาพประกอบการทา งาน (Operation Assembly)

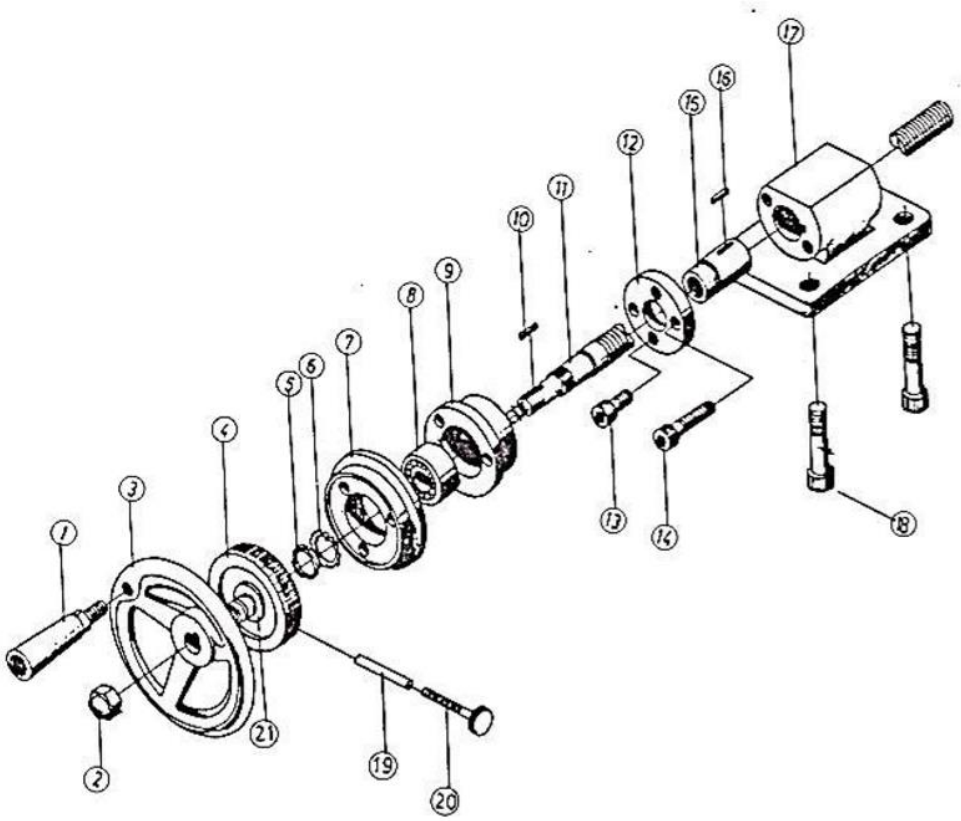
- **แบบภาพประกอบสั่งงาน** (Working Assembly)

  เป็นแบบภาพประกอบที่แสดง รายละเอียดของส่วนประกอบ รูปร่าง ขนาด แม้กระทั่งอาจจะมีการระบุกรรมวิธีการผลิต ในลักษณะของภาพฉาย ซึ่งการใช้งานภาพประกอบลักษณะนี้จะใช้สำหรับงานประกอบที่ไม่มีความซับซ้อนมากนัก ดังแสดงในรูปที่ 10.11



รูปที่ 10.11 แบบภาพประกอบสั่งงาน (Working Assembly) (http://www.attc.ac.th, [online])

- **แบบภาพประกอบติดตั้ง** (Installation assembly)
  ภาพประกอบแบบติดตั้งนี้จะแสดงในลักษณะแบบแยกชิ้นส่วน (Explode assembly) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจวิธีการถอด และประกอบ เรียงลำดับการประกอบก่อนหลังได้อย่างถูกต้อง ลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการ ประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 10.12



รูปที่ 10.12 แบบภาพประกอบติดตั้ง (Installation assembly) (http://www.attc.ac.th, [online])

10.2 การเขียนภาพแยกชิ้น (Detail drawing)

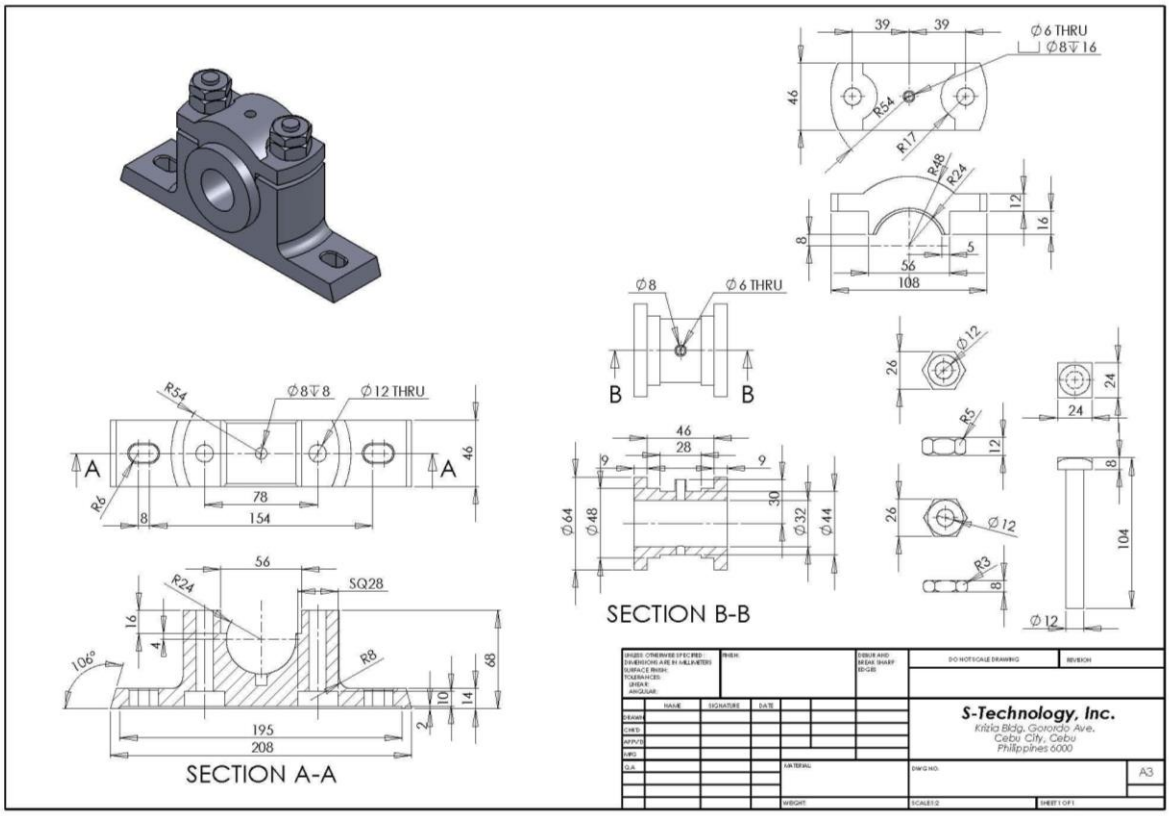
การเขียนแบบภาพแยกชิ้น (Detail drawing) เป็นการเขียนแบบที่แสดงให้เห็นขนาดและส่วนต่างๆ ของ ชิ้นส่วนเพื่อใช้เป็นแบบสั่งงานการผลิต (Working Drawing) โดยภาพแยกชิ้นนี้เป็นการแยกชิ้นออกมาจากภาพประกอบ มีการกำหนดรายละเอียดที่สำคัญและจำเป็นต่อกระบวนการผลิต อย่าง ละเอียดของชิ้นส่วน เครื่องมือ เครื่องจักร แต่ละชิ้น ทั้งนี้เพื่อให้ผู้อ่านแบบได้มองเห็นขนาด รูปร่าง ของชิ้นส่วน

10.2.1 หลักเกณฑ์การเขียนภาพแยกชิ้น

ตามปกติแล้วในการเขียนแบบแยกชิ้นส่วน เขียนแบบชิ้นงาน 1 ชิ้น ต่อกระดาษเขียนแบบ 1 แผ่น แต่ในทางปฏิบัติสามารถเขียนชิ้นงานได้มากกว่า 1 ชิ้น ขึ้นอยู่กับพื้นที่ในการวาง

แบบเพียงพอหรือไม่ วางแบบชิ้นส่วนอื่นลงไปแล้วทำให้แบบงานสับสนหรือไม่ เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายและประหยัดเวลา ในรายละเอียดของแบบแยกชิ้นส่วนจะต้องประกอบไปด้วยการกำหนดขนาดให้แก่แบบงาน กำหนดลักษณะคุณภาพผิวงานที่ต้องการ หมายเลขชิ้นส่วนซึ่งหมายเลข ชิ้นส่วนนี้จะต้องสัมพันธ์กับแบบภาพประกอบ จำนวนชิ้นส่วน ชนิดของวัสดุงาน มาตราส่วน พิกัดความเผื่อ ทั้งนี้อาจจะลงในแบบงานหรือตารางรายการ (Title Block) ก็ได้

กำหนดภาพฉายในการเขียนแบบงานภาพแยกชิ้นเป็นการเขียนแบบที่จะต้องแสดงรายละเอียดของชิ้นงานให้เป็นทุกส่วนภาพด้านหน้า ด้านบน และด้านข้าง เพื่อให้ง่ายต่อการผลิต ยิ่งรายละเอียดมาก การผลิตก็จะสะดวกรวดเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 10.13



รูปที่ 10.13 หลักเกณฑ์การเขียนภาพแยกชิ้น

(https://i.pinimg.com/originals/0b/62/12/0b62123e2bc836ba6a1100b4f6a288e8.jpg, [online])

10.2.2 การเลือกใช้มาตราส่วน

หลังจากที่กำหนดการวางภาพฉายแล้วว่าจะต้องใช้ภาพฉายกี่ด้าน ในการเขียนชิ้นส่วนแต่ละชิ้น ก็ต้องกำหนดมาตราส่วนในการเขียนแบบเพื่อตรวจสอบขนาดว่า สามารถวางแบบงานได้เพียงพอตามที่กำหนดจำนวนภาพฉายไว้แล้ว เช่นเมื่อพิจารณาจากชิ้นส่วน จำนวนภาพฉาย และขนาดของกระดาษเขียนแบบ ถ้าใช้มาตราส่วน 1:1 แล้วเขียนแบบได้

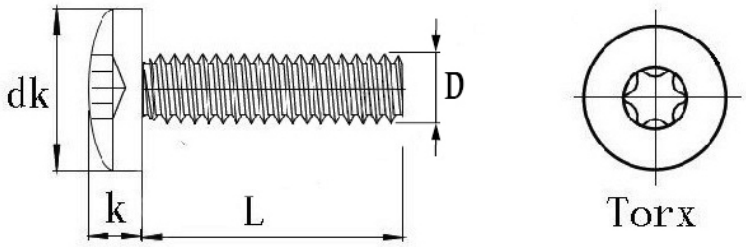
เพียงพอก็ ให้ใช้มาตราส่วน 1:1 แต่ถ้าเมื่อพิจารณาแล้วไม่สามารถเขียนได้ภาพใหญ่เกินไปก็ให้ใช้มาตราส่วน ย่อ หรือถ้าภาพเล็กเกินไปก็ให้ใช้มาตราส่วนขยาย

10.2.3 กำหนดขนาดลงในแบบงานและรายละเอียดอื่น ๆ

การกำหนดขนาดในแบบงานมีความสำคัญมาก ถ้ากำหนดขนาดลงในแบบงานไม่ครบหรือกำหนดขนาดไม่ถูกต้องตามหลักการในการเขียนแบบก็จะทำให้แบบงานเกิดความสับสน อ่านแบบได้ยาก ซึ่งจะส่งผลต่อกระบวนการผลิต ทำให้บางครั้งต้องเสียเวลาในการติดต่อประสานงานกับฝ่ายเขียนแบบอีกครั้ง ดังนั้นในแบบงานจะต้องกำหนดขนาดพร้อมกับรายละเอียดอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการผลิตเพื่อให้งานที่ผลิตนั้นมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานที่กำหนด

10.2.4 ชิ้นส่วนมาตรฐาน

ในแบบสั่งงานการผลิตนั้นจะเขียนเฉพาะงานที่ต้องทำการผลิต เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการเขียนแบบ ส่วนงานประกอบที่เป็นชิ้นส่วนมาตรฐานไม่จำเป็นต้อง ท าการเขียนเป็นภาพฉายแยกชิ้นลงไปในแบบงาน เช่น สลักเกลียว นัต แบริ่ง แหวนรอง ซีลกันรั่ว ต่างๆ เป็นต้น แต่จะต้องระบุรายละเอียดทั้งขนาด รูปร่าง และมาตรฐานของชิ้นส่วนนั้นๆ ลงในตารางรายการวัสดุ (Title Block) ตัวอย่างชิ้นส่วนมาตรฐานที่ต้องระบุลงในตารางรายการวัสดุ (Title Block) ดังแสดงในรูปที่ 10.14



DIN7985 Torx Pan Head Screw									Unit:mm
Size		M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
Thread Pitch		0.35	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5
dk	min	2.9	3.7	4.7	5.7	7.64	9.64	11.37	15.57	19.78
	max	3.2	4	5	6	8	10	12	16	20
k	min	1.18	1.48	1.88	2.28	2.95	3.65	4.45	5.85	7.32
	max	1.41	1.72	2.12	2.52	3.25	3.95	4.75	6.15	7.68
Driver Size		T4	T6	T8	T10	T20	T25	T30	T40	T50

รูปที่ 10.14 ตัวอย่างชิ้นส่วนมาตรฐาน (https://ae01.alicdn.com, [online])

10.2.5 **การเขียนภาพตัดในแบบแยกชิ้น**

ในการเขียนแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากเนื่องจากในการเขียนแบบงานส่วนที่ถูกบังจะแสดงด้วยเส้นประและเมื่อมีส่วนที่ถูกบังหลายๆ ส่วนจะทำให้การอ่านแบบงานเกิดความสับสน เนื่องจากเส้นประจะทับกันหลายๆ เส้น เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้เขียนแบบต้องทำการแสดงภาพตัด (Section Views) ในการเขียนภาพฉาย โดยจะแสดงเฉพาะผิวภายในที่ถูกเส้นแสดงแนวการตัดผ่านเท่านั้น ซึ่งส่วนที่ถูกตัดนี้ก็จะแสดงด้วยเส้นลายตัด มุม 45 องศา และใช้เส้นเต็มบางในการเขียนเส้นลายตัด รูปร่างของเส้นลายตัดนี้จะใช้แทนลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการผลิต ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 6

บทที่ 11
การเขียนแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (CAD)

11.1 ความเป็นมาของ CAD

การเขียนแบบดั้งเดิมเป็นการใช้เครื่องมือร่วมกับกระดานวาดภาพเป็นหลัก เช่น กระดาษ, ดินสอ, วงเวียน, ยางลบ และสเกล เป็นต้น ซึ่งในการเขียนแบบจะใช้เวลาค่อนข้างมากและยุ่งยากในการเขียนแบบที่มีความซับซ้อน ข้อเสียเปรียบมากที่สุดกับการเขียนแบบแบบดั้งเดิมคือการใช้งานร่วมกันหากวิศวกรกำลังวาดการออกแบบส่วนประกอบของเครื่องจักรและทันใดผู้ผลิตก็จะปรับเปลี่ยนมิติส่วนที่อยู่ด้านในสุดของส่วนประกอบ ในสถานการณ์เช่นนี้เราไม่สามารถแก้ไขแบบที่เขียนไว้แล้ว ซึ่งจะต้องเขียนส่วนประกอบใหม่เท่านั้น

Computer Aided Design (CAD) เป็นเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ช่วยให้สามารถเขียนแบบได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำด้วยการใช้คอมพิวเตอร์ ในปี ค.ศ.1883 Charles Barbage พัฒนาความคิดในการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเขียนแบบเป็นครั้งแรก และ Ivan Sutherland สาธิตครั้งแรก ในปี ค.ศ.1963 หลังจากนั้นหนึ่งปีต่อมา ruM ผลิตระบบ CAD เชิงพาณิชย์แห่งแรก และการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างเกิดขึ้นตั้งแต่นั้นมาด้วยความก้าวหน้าของคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในปัจจุบัน ทำให้การออกแบบโดยใช้ CAD วาดสองมิติ การสร้างแบบจำลอง การวิเคราะห์ทางวิศวกรรมที่ซับซ้อน และการผลิตเทคโนโลยีใหม่ถูกคิดค้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้กระบวนการนี้เร็วขึ้น หลากหลายมากขึ้น และมีประสิทธิภาพมากขึ้น ตัวอย่างซอฟต์แวร์ CAD เช่น AutoCAD, PROIEngineer, IDEAS, UNIGRAPHICS, CATIA, Solid Works และ Sketchup เป็นต้น

การเขียนแบบที่สร้างด้วย CAD มีข้อดีหลายประการมากกว่าการเขียนแบบที่สร้างขึ้นบนกระดานวาดภาพ ได้แก่

- เขียนแบบและรายละเอียดได้รวดเร็วและการแก้ไขและเรียกใช้มีประสิทธิภาพมากกว่า
- ช่วยให้เห็นมุมมองที่แตกต่างกันของวัตถุเดียวกัน และมุมมองภาพ 3 มิติซึ่งช่วยให้การสร้างภาพของการเขียนแบบที่ดีขึ้น
- การออกแบบและสัญลักษณ์ต่างๆ สามารถจัดเก็บและเรียกคืนและนำมาใช้ได้ง่าย
- การเขียนแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์มีความละเอียด ถูกต้อง และแม่นยำมากขึ้น
- แบบที่เขียนโดย CAD สามารถจัดเก็บ เรียกดู และส่งต่อให้ผู้อื่นสามารถใช้งานต่อได้สะดวกยิ่งขึ้น

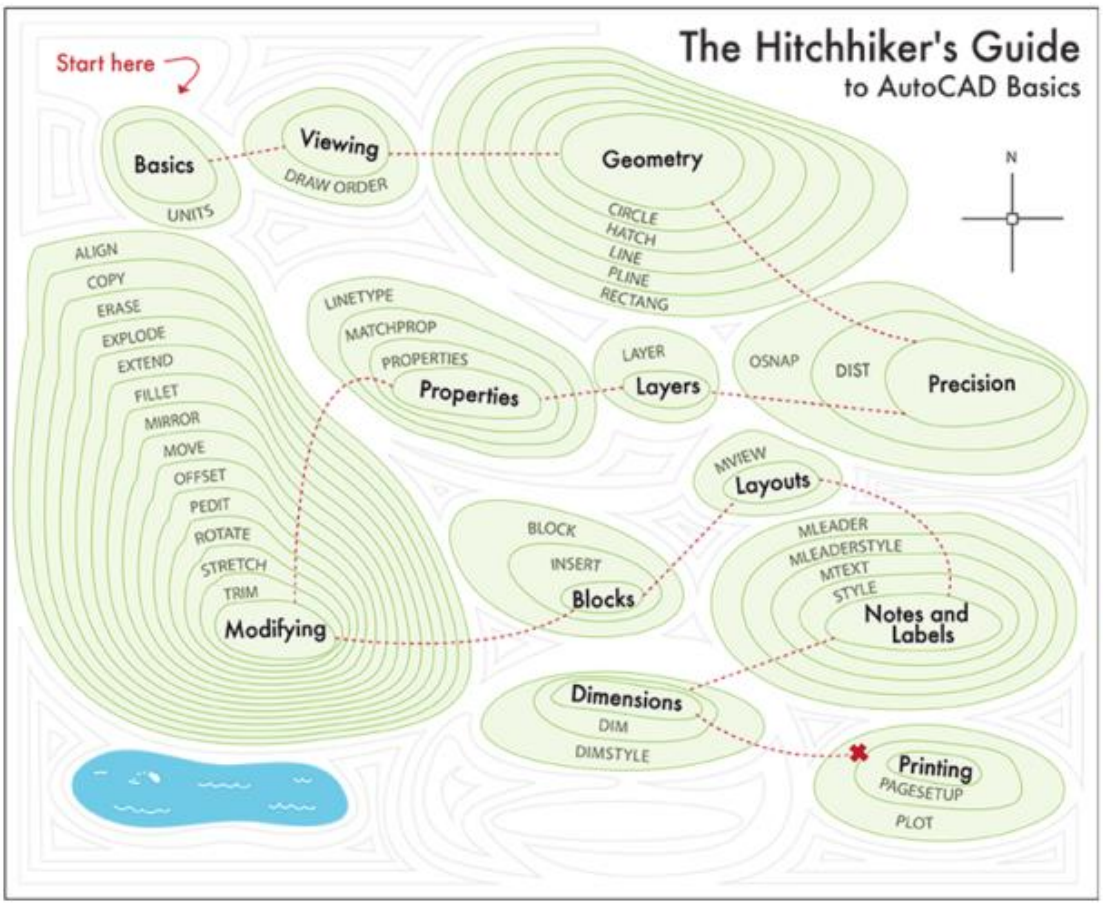
- สามารถวิเคราะห์การออกแบบ การจำลอง และการทดสอบความเป็นไปได้ อย่างรวดเร็ว

11.2 โปรแกรม AutoCAD

โปรแกรม AutoCAD ของบริษัท Autodesk Corp. เป็นโปรแกรมที่มีชื่อเสียงในระดับโลกในด้านการออกแบบ และเขียนแบบ ซึ่งสามารถเขียนได้ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ ทั้งนี้ในชิ้นงาน 3 มิตินั้น ยังสามารถทำการ Render วัตถุหรือชิ้นงาน (การให้แสง สี ละเงา) ช่วยให้งานมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

บทนี้จะทำการแนะนำวิธีการใช้งานเบื้องต้นของโปรแกรม AutoCAD เวอร์ชั่น 2016 สำหรับการเขียนแบบ 2 มิติ เท่านั้น ซึ่งเวอร์ชั่นนี้จะใช้งานง่ายขึ้น ผู้ออกแบบหรือผู้ใช้งานสามารถเปิดให้ผู้อื่นมาร่วมดูชิ้นงานออกแบบได้ด้วยใช้เทคโนโลยี TrustedDWG™ ซึ่งเป็นวิธีต้นแบบและแม่นยำที่สุดในการเก็บและแลกเปลี่ยนข้อมูลเกี่ยวกับงานออกแบบนั้นๆ ด้วยรูปแบบที่สามารถสร้างภาพได้โดยอิสระ ทำให้สามารถถ่ายทอดความคิดสร้างสรรค์ขให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องได้เข้าใจได้ง่าย และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการปรับปรุงการออกแบบแนวคิดรูปแบบเอกสาร และภาพเสมือนจริง

โดยเนื้อหาที่แนะนำวิธีการใช้งานเบื้องต้นของโปรแกรม AutoCAD เวอร์ชั่น 2016 จะตามลำดับการเรียนรู้ตาม The Hitchhiker's Guide to AutoCAD Basics ซึ่งจัดทำขึ้นโดย AutoDestk knowledge network ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 11.1

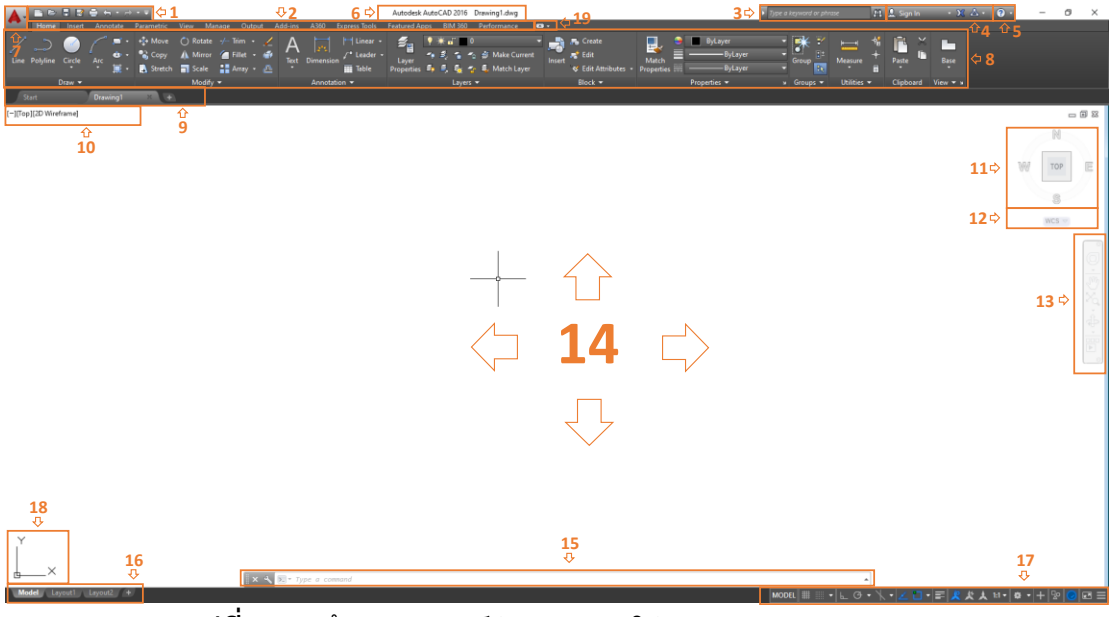


รูปที่11.1 The Hitchhiker's Guide to AutoCAD Basics

(https://knowledge.autodesk.com/support/autocad)

11.3 หน้าจอและส่วนประกอบของโปรแกรม (User Interface and Component)

หน้าจอของโปรแกรม AutoCAD2016 และส่วนประกอบสำคัญของโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 11.2



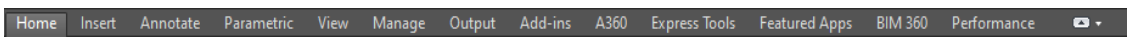
รูปที่11.2 หน้าจอและองค์ประกอบของโปรแกรม AutoCAD2016

11.3.1 Quick Access Toolbar (QAT)

QAT ในหน้าต่างเริ่มต้นมีแท็บสำคัญ เช่น New, Open , Save , Save All, Plot , Undo และ Redo โดยสามารถปรับแต่ง QAT นี้ได้โดยกดที่แท็บคีย์ถัดจากรายการพื้นที่ทำงาน

11.3.2 Ribbon Tabs

แท็บ Ribbon นำเสนอรวมในแผง Ribbon (Ribbon panels) ขึ้นอยู่กับกลุ่มเครื่องมือที่จะใช้งาน



11.3.3 Search

สามารถค้นหาคำสั่งหรือข้อมูลใด ๆ โดยป้อนคำหลักหรือวลี

11.3.4 External Links

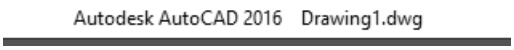
สำหรับเรียกศูนย์ข้อมูลซึ่งเชื่อมโยงกับ AutoCAD 360

11.3.5 Help

ความช่วยเหลือ (Help) สามารถค้นหาเนื้อหาความช่วยเหลือรวมถึงข้อมูลอื่น ๆ ได้ และสามารถเปลี่ยนการตั้งค่าสำหรับหน้าจอต้อนรับได้ที่นี่

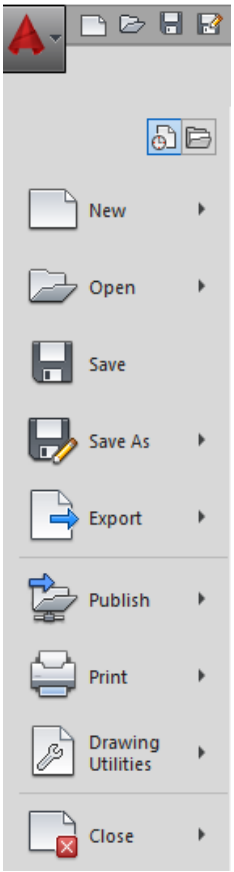
11.3.6 Title Bar

แสดงชื่อไฟล์รูปวาดซึ่งเปิดอยู่ในขณะนั้น



11.3.7 Application Menu Button (AutoCAD Logo)

โลโก้รูปตัว A หรือ Application Menu Button มีตัวเลือกต่าง ๆ พร้อมกับตัวเลือก QAT เริ่มต้น

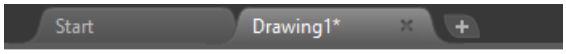


11.3.8 Ribbons

เป็นพื้นที่แถบเครื่องมือหลักซึ่งจะพบแท็บทั้งหมดในรูปแบบ Panel ที่จัดเรียงตามการใช้งาน Ribbon ประกอบด้วยแผง Panel บางตัวเชื่อมโยงกับกล่องโต้ตอบซึ่งสามารถใช้งานได้โดยการกดที่ลูกศรมุมล่างขวาของแผง

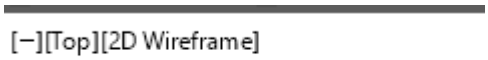
11.3.9 File Tabs

สามารถเพิ่มแบบไฟล์ใหม่โดยการกดที่ไอคอน [+] บนแท็บไฟล์หรือหากต้องการสลับระหว่างแท็บ Model และ Layout โดยเลื่อนเคอร์เซอร์ของเมาส์ไปเหนือแท็บไฟล์



11.3.10Viewport Controls

เป็นรูปแบบการควบคุมมุมมองก่อนพิมพ์ (View port) สามารถเปลี่ยนมุมมอง AutoCAD และลักษณะของภาพเป็นตัวเลือกที่แตกต่างกัน

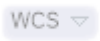


11.3.11View Cube

เป็นมุมมองที่สามารถดูองค์ประกอบการวาดจากทิศทางที่ต่างๆ และสามารถหมุนมุมมองได้

11.3.12WCS

อยู่ด้านล่าง View Cube สามารถเลือกระบบพิกัด WCS หรือระบบพิกัดอื่น



11.3.13Navigation Bar

แถบการนำทางนี้สามารถค้นหาด้านต่าง ๆ ของหน้าต่าง AutoCAD ที่มีเครื่องมือเพิ่มเติม

11.3.14 Drawing Area/ Graphics Area

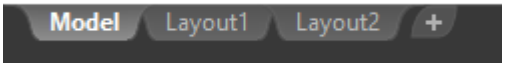
เป็นพื้นที่หลักของการเขียนภาพ (Model) ที่จะสร้างองค์ประกอบการวาดใหม่ โดยเป็นพื้นที่ที่ไม่มีที่สิ้นสุด

11.3.15 Command Line

เป็นอีกวิธีในการคำสั่ง AutoCAD โดยการพิมพ์ข้อความเพื่อเรียกใช้คำสั่งจากบรรทัดคำสั่ง Command line

11.3.16 Model and Layout Tabs

แท็บนี้ใช้สำหรับการเขียนภาพ (Model) และเตรียมภาพก่อนพิมพ์ (Layout) สามารถสร้างแท็บ เปลี่ยนชื่อและ Layout ได้จากที่นี่ นอกจากนี้ยังเปลี่ยนตำแหน่งของแท็บไปยังแถบสถานะ โดยคลิกขวาแล้วเลือกตัวเลือกที่จะซ่อนได้

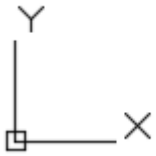


11.3.17 Status bar

Status bar ประกอบด้วยการตั้งค่าต่างๆ สามารถสลับเปิดและปิดไอคอนเหล่านี้ได้ ประกอบด้วย Model, Annotation และการตั้งค่าเพิ่มเติมต่างๆ

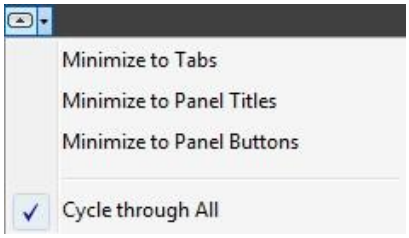
11.3.18 Co-ordinates

แสดงพิกัดของแบบ x, y และ z(สำหรับการเขียนภาพสามมิติ)



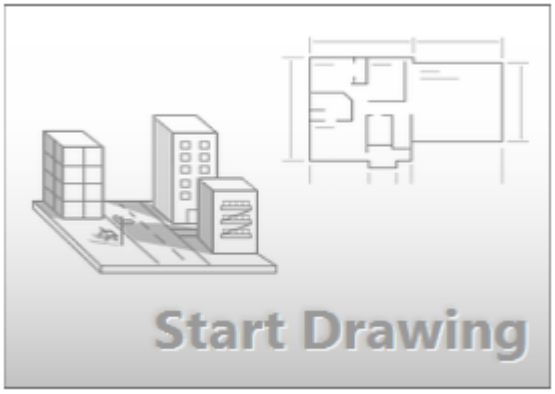
11.3.19 Ribbon view

สามารถเปลี่ยน Ribbon ที่ย่อเล็กสุดเป็น tab, Panel Titles, Panel Buttons หรือ Cycle through all ได้

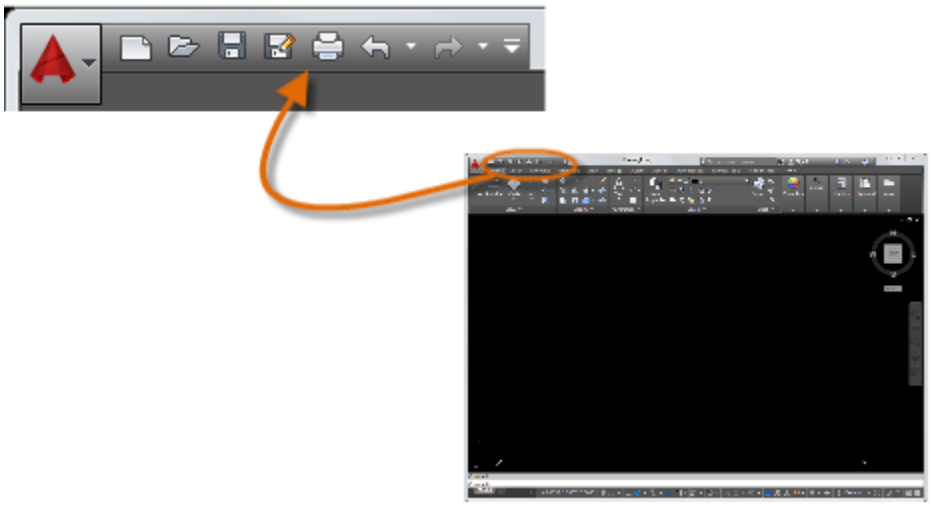


11.4 คำสั่งพื้นฐาน (Basics)

หลังจากเปิดโปแกรม AutoCAD เลือก > Start Drawing เพื่อสร้างงานเขียนแบบใหม่



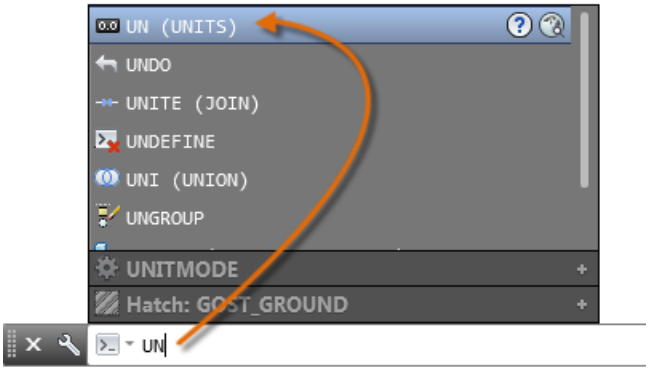
AutoCAD มีแถบ Ribbon แบบมาตรฐานที่ด้านบนของพื้นที่วาดรูป (Drawing area) สามารถเข้าถึงคำสั่งเกือบทั้งหมดได้จากแทบ Home นอกจากนี้แถบเครื่องมือ Quick Access ที่แสดงด้านล่างมีคำสั่งที่คุ้นเคย เช่น New, Open, Save, Print, Undo และอื่น ๆ เป็นต้น



11.4.1 The Command Window

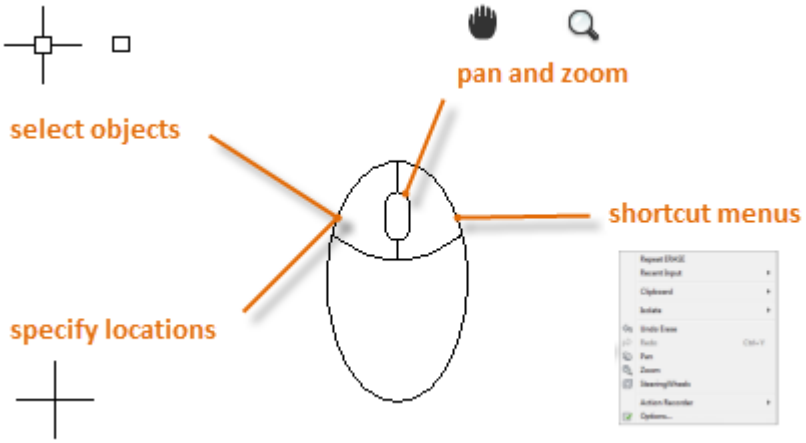
หัวใจของ AutoCAD คือ หน้าต่างคำสั่งซึ่งโดยปกติจะเชื่อมต่อที่ด้านล่างของหน้าต่างคำสั่งแสดงความพร้อมใช้งาน, ตัวเลือก และข้อความเตือนต่างๆ

สามารถป้อนคำสั่งได้โดยตรงในหน้าต่างคำสั่งแทนการใช้ Ribbon แถบเครื่องมือ และเมนู เมื่อเริ่มพิมพ์คำสั่ง คำสั่งจะสมบูรณ์โดยอัตโนมัติเมื่อมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นคำสั่งนั้นๆ และทำการเลือกโดยการคลิกหรือใช้ปุ่มลูกศรแล้วกด Enter หรือ Spacebar



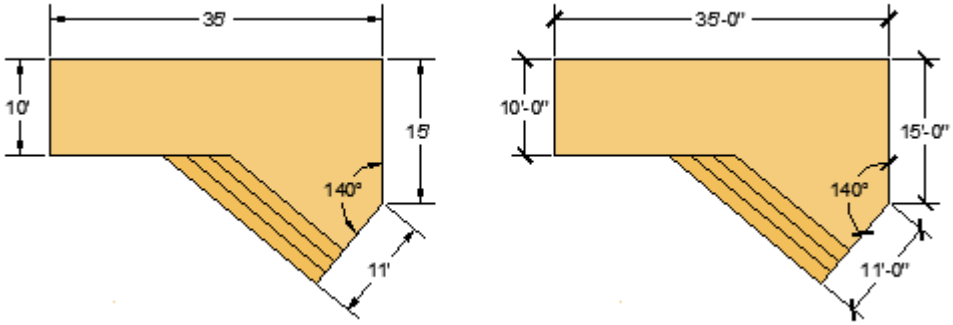
11.4.2 The Mouse

โดยทั่วไปจะใช้เมาส์เป็นอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งและเลือกวัตถุ และเมื่อต้องการใช้ตัวเลือกเพิ่มเติมสามารถคลิกขวา เมนูต่างๆ จะแสดงคำสั่ง และตัวเลือกที่เกี่ยวข้องทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ค้นหาเคอร์เซอร์

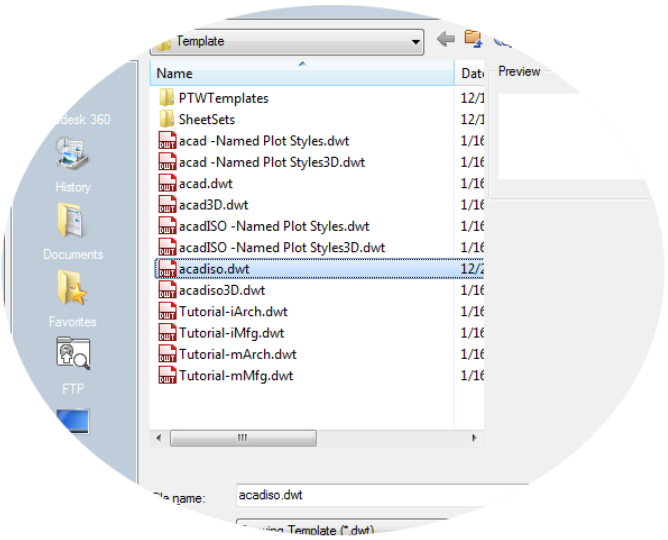


11.4.3 New Drawings

สามารถปฏิบัติตามมาตรฐานอุตสาหกรรมหรือฟอร์มของบริษัท ได้อย่างง่ายดายโดยการระบุการตั้งค่าสำหรับข้อความ ขนาดเส้น และคุณสมบัติอื่น ๆ ที่ตั้งค่าไว้แล้ว

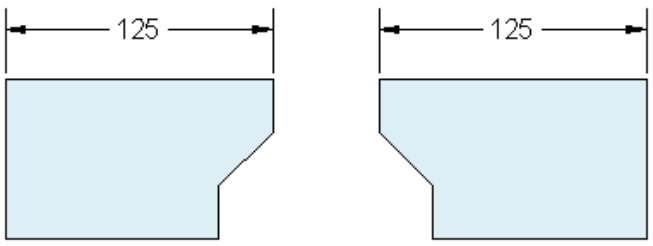


ซึ่งการตั้งค่าทั้งหมดเหล่านี้สามารถบันทึกไว้ในไฟล์เทมเพลต (Template) เลือก > New เพื่อเลือกใช้จากหลายๆ ไฟล์เทมเพลตได้ เช่น สมมติว่าหน่วยเป็นนิ้วให้ใช้ acad.dwt หรือ acadlt.dwt ส่วนในหน่วยเป็นเมตริกสมมติว่าหน่วยเป็นมิลลิเมตร ให้ใช้ acadiso.dwt หรือ acadltiso.dwt



11.4.4 Units

เมื่อเริ่มเขียนแบบครั้งแรกต้องกำหนดหน่วยวัดหนึ่งหน่วยบนภาพวาดในแบบให้หมายถึงหน่วยอะไร (นิ้ว ฟุตเซนติเมตร หรือกิโลเมตร ฯลฯ)

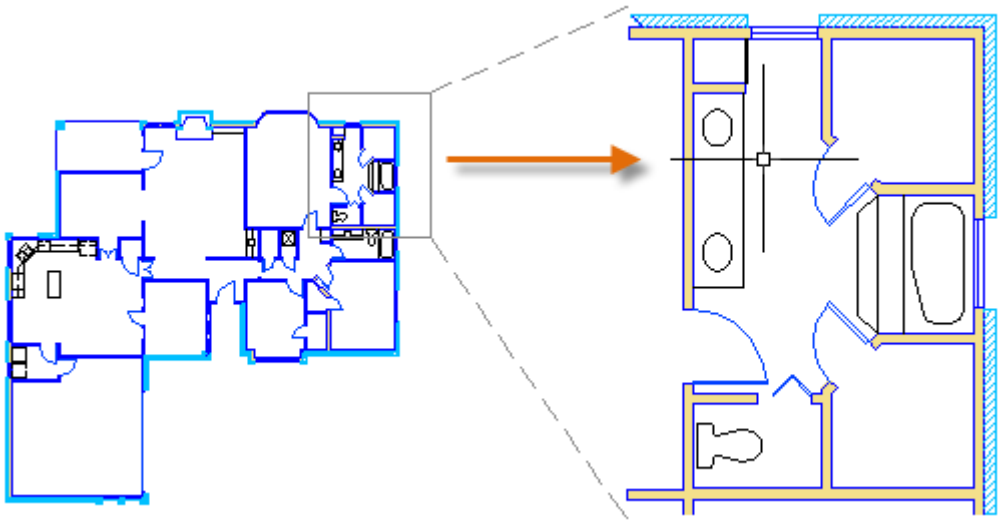


11.5 มุมมอง (Viewing)

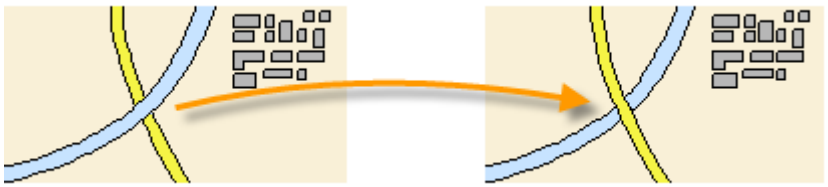
วิธีที่ง่ายที่สุดในการเปลี่ยนมุมมอง คือ การใช้วงล้อบนเมาส์ ดังนี้

- ซูมเข้าหรือออกโดยหมุนวงล้อ
- เลื่อนมุมมองไปในทิศทางใดๆ โดยกดล้อเลื่อนค้างแล้วเลื่อนเมาส์
- ซูมไปที่ขอบเขตของแบบจำลองโดยคลิกที่วงล้อสองครั้ง (Double click)

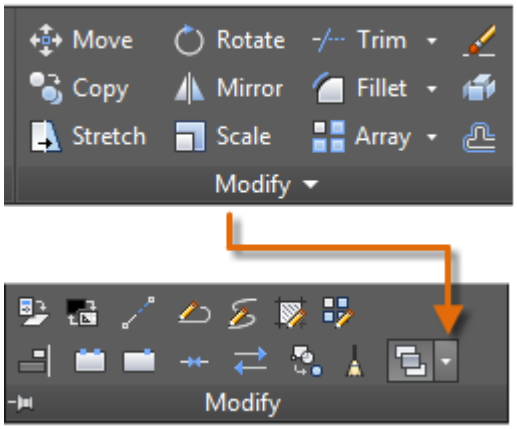
การซูมเข้าหรือออกโดยยึดตำแหน่งของเคอร์เซอร์นั้นเป็นสำคัญ โดยเคอร์เซอร์เป็นเหมือนแว่นขยาย ตัวอย่างเช่น หากวางเคอร์เซอร์ในพื้นที่ด้านขวาบนของแผนผังชั้นที่แสดงด้านล่างการซูมขยายจะขยายห้องแต่งตัวโดยไม่ต้องเลื่อนมุมมอง



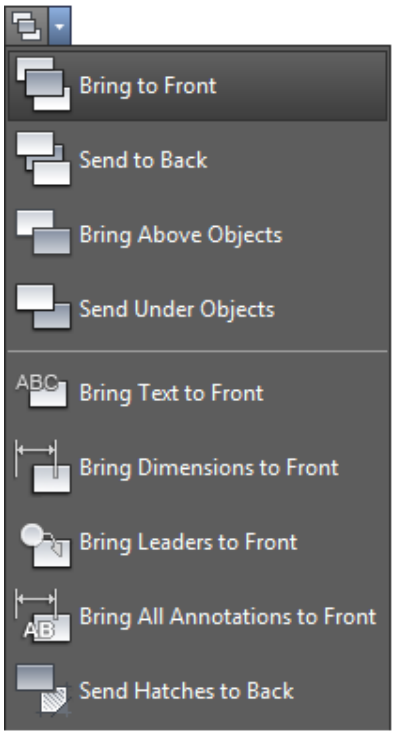
หากสร้างวัตถุที่ทับซ้อนกันอาจต้องเปลี่ยนวัตถุที่จะแสดงอยู่ด้านบนหรือด้านหน้าของวัตถุอื่น ตัวอย่างเช่น หากต้องการให้ทางหลวงสีเหลืองข้ามแม่น้ำสีฟ้า ให้ใช้คำสั่ง DRAWORDER เพื่อจัดลำดับวัตถุใหม่



สามารถเข้าถึงตัวเลือกลำดับการวาดได้จากกลุ่มคำสั่ง Modify บน Ribbon คลิกเพื่อขยายกลุ่มคำสั่ง Modify แล้วคลิกลูกศรชี้ลงที่แสดงด้านล่าง



ตัวเลือกลำดับการวาดที่อยู่ในรายการรวมถึงการลำดับการแรเงา (Hatching) ทั้งหมดไปทางด้านหลังข้อความทั้งหมดไปยังด้านหน้าและอื่น ๆ

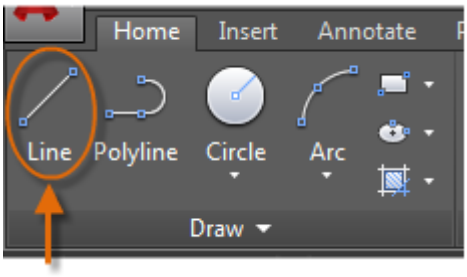


11.6 คำสั่งวาดรูปเรขาคณิต (Geometry)

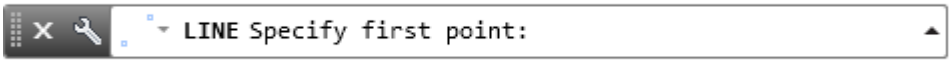
ประกอบด้วยคำสั่งสร้างวัตถุเรขาคณิตพื้นฐานต่างๆ ใน AutoCAD เช่น เส้น (line) วงกลม (circle) และพื้นที่แรเงา (hatched) เป็นต้น อย่างไรก็ตามสามารถเรียนรู้เพียงบางคำสั่งซึ่งครอบคลุมสำหรับภาพวาด 2D ส่วนใหญ่แล้ว

11.6.1 Lines

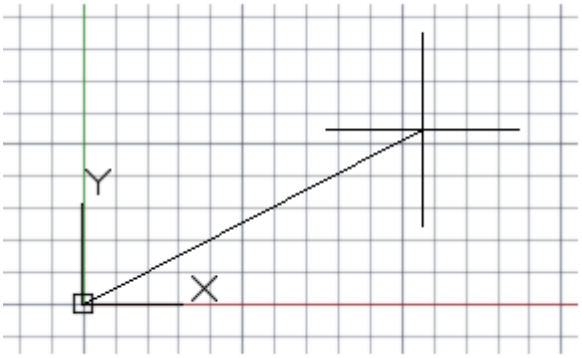
Line เป็นคำสั่งพื้นฐานที่สุดและพบได้บ่อยที่สุดในการเขียนแบบ AutoCAD หากต้องการวาดเส้นให้เลือก > Line



หรือสามารถพิมพ์ LINE หรือเพียง L ในหน้าต่างคำสั่งจากนั้นกด Enter หรือ Spacebar ซึ่งคำสั่งจะปรากฏในหน้าต่างคำสั่ง (Command window)



ในการระบุจุดเริ่มต้นสำหรับ Line นี้จะต้องพิมพ์พิกัด 0,0 ซึ่งเรียกว่าจุดกำเนิด (origin point) หากต้องการกำหนดจุดถัดไปสามารถระบุตำแหน่งพิกัด X, Y เพิ่มเติมในพื้นที่วาด แต่มีวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากกว่าสำหรับการระบุจุดที่มีอยู่และจะนำเสนอในหัวข้อถัดไป



หลังจากที่ระบุจุดต่อไปของคำสั่ง LINE โปรแกรมจะกำหนดให้ใช้คำสั่งนี้ไปเรื่อยๆ โดยอัตโนมัติและจะแจ้งให้ทราบจุดเพิ่มเติม กด Enter หรือ Spacebar เพื่อจบลำดับ

11.6.2 Grid Display

ผู้ใช้งานบางคนชอบทำงานกับเส้นกริด (Grid lines) สำหรับเป็นแนวอ้างอิง ในขณะผู้ใช้งานบางคนชอบทำงานในพื้นที่ว่าง ในการปิดการแสดงผลกริดเลือก > F7 แม้ว่าจะปิดการใช้งานกริดแล้วก็ตามยังคงสามารถบังคับให้เคอร์เซอร์เลื่อนตามการเพิ่มขึ้นทีละตารางกริดได้โดยการกด > F9 ได้

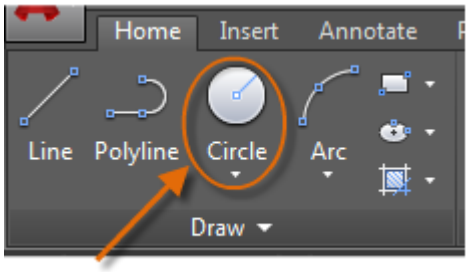
11.6.3 Lines as Construction Aids

เส้นสามารถใช้เป็นแนวอ้างอิงและสร้างรูปเรขาคณิต เช่น

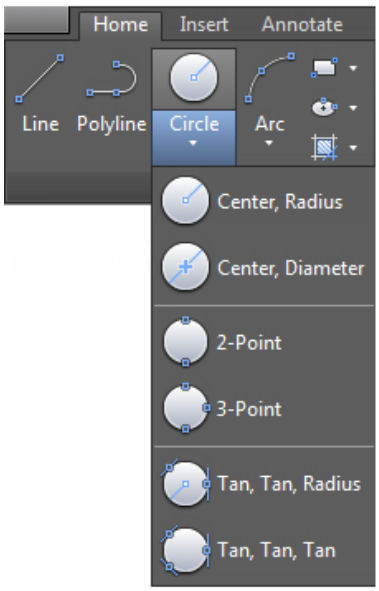
- เส้นต่อขยาย
- เส้นกระจกของชิ้นส่วนที่มีลักษณะแบบสมมาตร
- เส้นกำหนดระยะเพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวน
- เส้นตัดผ่าน

11.6.4 Circles

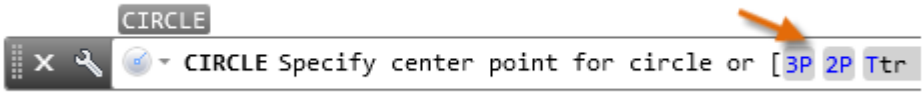
ตัวเลือกเริ่มต้นของคำสั่ง CIRCLE กำหนดให้ต้องระบุจุดกึ่งกลางและรัศมี



ตัวเลือกวงกลมอื่น ๆ จากการเลือกคำสั่งรายการแบบลูกศรชี้ลง (Drop-down)

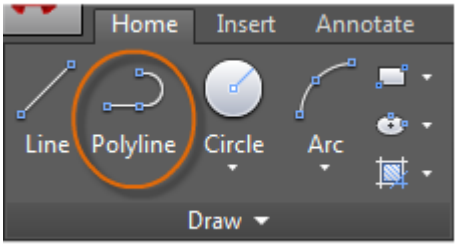


หรือสามารถพิมพ์ CIRCLE หรือเพียงแค่ C ในหน้าต่างคำสั่งแล้วคลิกเพื่อเลือกตัวเลือก สามารถระบุรูปแบบการวาดวงกลมแบบต่างๆ ได้



11.6.5 Polylines

คือ เส้นสำหรับการเชื่อมต่อของเส้น (Line) หรือส่วนโค้ง (Arc) ที่สร้างขึ้นเป็นวัตถุชิ้นเดียว



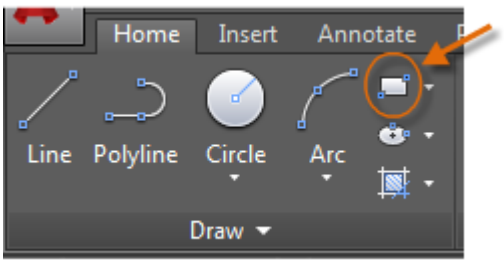
ใช้คำสั่งโดยพิมพ์ PLINE เพื่อสร้าง Polylines เพื่อ

- รูปทรงเรขาคณิตที่จำเป็นต้องมีส่วนที่มีความกว้างคงที่
- เส้นทางต่อเนื่องที่ต้องรู้ความยาวทั้งหมด
- เส้นโค้งสำหรับแผนที่ภูมิประเทศและข้อมูล Isobaric
- แผนภาพการเดินสายไฟและร่องรอยบนแผงวงจรพิมพ์
- กระบวนการและไดอะแกรมไดอะแกรม

Polylines อาจมีความกว้างคงที่หรืออาจมีความกว้างเริ่มต้นและสิ้นสุดที่แตกต่างกัน หลังจากที่ระบุจุดแรกของ Polyline สามารถใช้ตัวเลือกความกว้างเพื่อระบุความกว้างของส่วนที่สร้างขึ้นในภายหลังทั้งหมดได้ตลอดเวลา

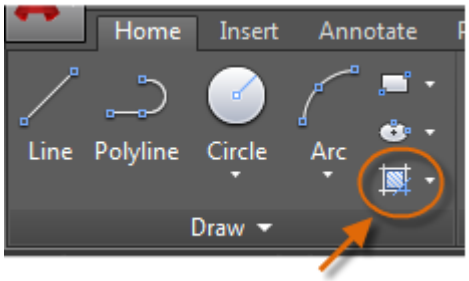
11.6.6 Rectangles

การสร้างสี่เหลี่ยม (Rectangle) เพียงคลิกสองจุดในแนวทแยงเพื่อให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า อาจใช้วิธีเปิด Grid snap (F9) เพื่อความแม่นยำ

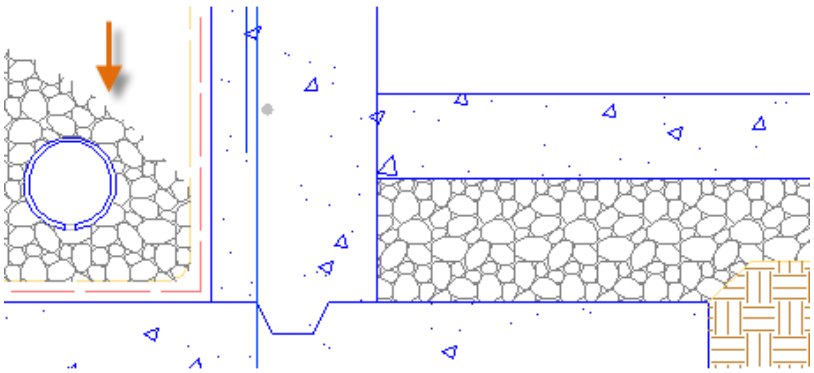


11.6.7 Hatches and Fills

การ Hatch ใน AutoCAD สำหรับแสดงลักษณะวัสดุซึ่งอาจเป็นวัตถุผสม สามารถระบุด้วยรูปแบบของเส้น จุด รูปร่าง สีทึบ หรือเติมไล่ระดับสีได้



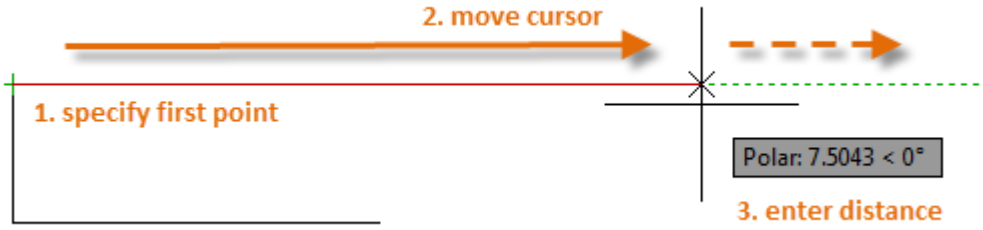
เมื่อเริ่มคำสั่ง HATCH ใน Ribbon จะแสดงแท็บการสร้าง Hatch ชั่วคราวบนแท็บนี้ สามารถเลือกรูปแบบการ HATCH มาตรฐาน Imperial และมาตรฐาน ISO มากกว่า 70 รายการพร้อมกับตัวเลือกพิเศษมากมาย ขั้นตอนที่ง่ายที่สุดคือการเลือกรูปแบบการ HATCH และมาตราส่วนจาก Ribbon และคลิกภายในพื้นที่ใด ๆ ที่ล้อมรอบด้วยวัตถุอย่างสมบูรณ์ ต้องระบุมาตราส่วนสำหรับ HATCH เพื่อควบคุมขนาดและระยะห่าง หลังจากที่สร้าง HATCH สามารถย้ายวัตถุที่มีการ HATCH หรือลบวัตถุได้



11.7 การปรับละเอียด (Precision)

11.7.1 Polar Tracking

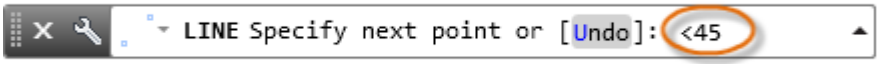
เมื่อต้องการระบุจุด เช่น เมื่อสร้าง Line สามารถใช้ Polar tracking เพื่อเป็นแนวในการเคลื่อนที่ของเคอร์เซอร์ในทิศทางที่แน่นอน ตัวอย่างเช่น หลังจากระบุจุดแรกของ Line แล้ว เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวาจากนั้นป้อนระยะทางในหน้าต่างคำสั่งเพื่อระบุความยาวแนวนอนที่แม่นยำสำหรับเส้นนั้น



Polar tracking ตามค่าเริ่มต้น จะนำเคอร์เซอร์ไปในทิศทางแนวนอนหรือแนวตั้ง (0 หรือ 90 องศา)

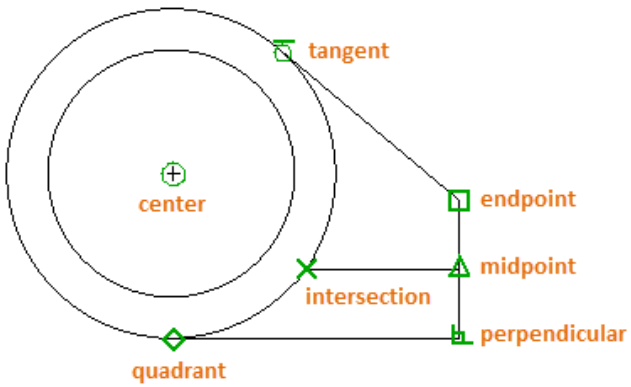
11.7.2 Locking Angles

หากต้องการวาดเส้นตามมุมที่กำหนด สามารถเลือกมุมสำหรับจุดต่อไปได้ ตัวอย่างเช่น หากต้องการสร้างจุดที่สองของ Line ที่มุม 45 องศา ต้องพิมพ์ <45 ใน Command line และหลังจากที่เลื่อนเคอร์เซอร์ไปในทิศทางที่ต้องการตามมุม 45 องศา สามารถป้อนความยาวของเส้นได้

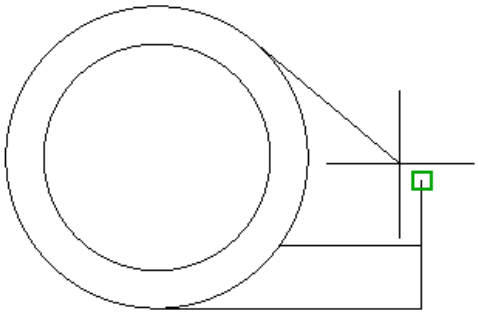


11.7.3 Object Snaps

วิธีที่สำคัญที่สุดสำหรับการระบุตำแหน่งที่แม่นยำบนวัตถุ คือ การใช้ Object snaps โดยในภาพประกอบ Object snaps ของวัตถุหลายชนิดจะถูกแทนด้วยเครื่องหมาย

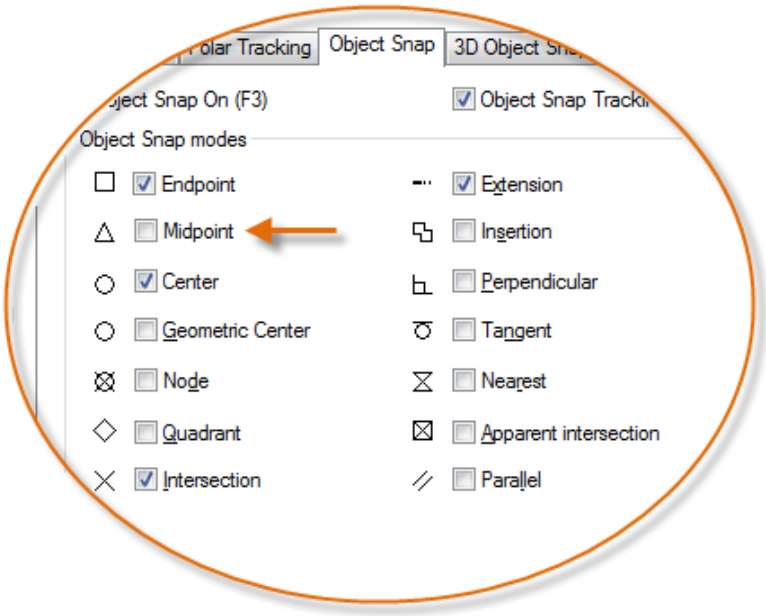


Object snaps จะพร้อมใช้งานในระหว่างคำสั่งเมื่อใดก็ตามที่ AutoCAD แจ้งให้ระบุจุด ตัวอย่างเช่น หากเริ่ม Line ใหม่และเลื่อนเคอร์เซอร์ไปใกล้กับจุดสิ้นสุดของ Line ที่มีอยู่ เคอร์เซอร์จะจัดชิดโดยอัตโนมัติ



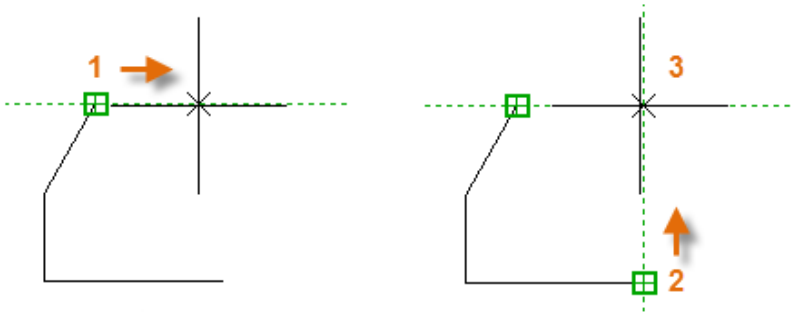
11.7.4 Set Default Object Snaps

พิมพ์คำสั่ง OSNAP ใน Command line เพื่อตั้งค่า object snaps เริ่มต้น ตัวอย่างเช่น อาจทำการเปิด Midpoint snap ในค่าเริ่มต้น



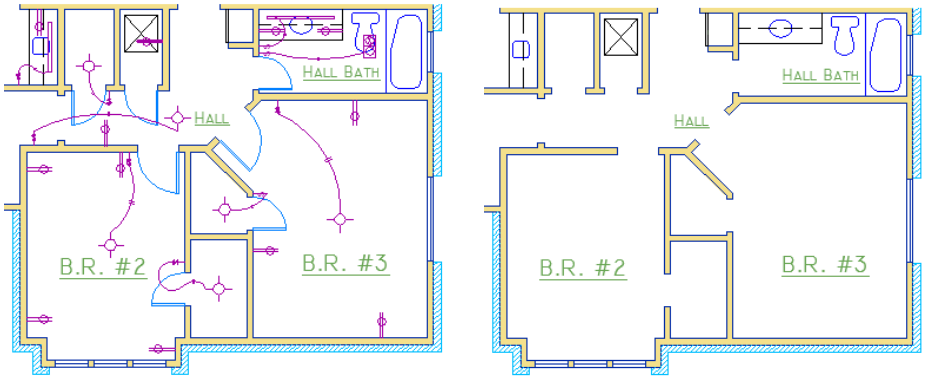
11.7.5 Object Snap Tracking

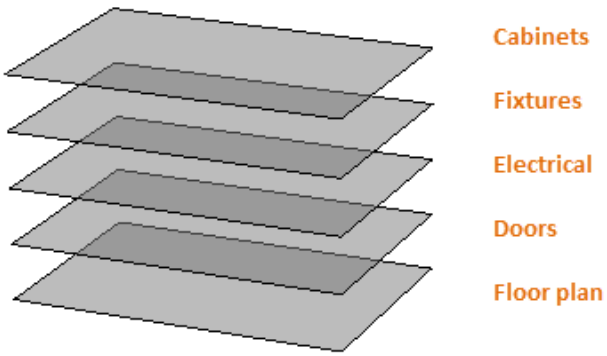
ระหว่างการใช้คำสั่งต่างๆ สามารถจัดตำแหน่งจุดทั้งแนวนอนและแนวตั้งจาก object snap ในภาพประกอบต่อไปนี้ เป็นการวางเมาส์เหนือจุดสิ้นสุดหมายเลข 1 จากนั้นเลื่อนเมาส์ไปวางเหนือจุดสิ้นสุดหมายเลข 2 เมื่อเลื่อนเคอร์เซอร์เข้าใกล้ตำแหน่ง 3 เคอร์เซอร์จะล็อคเข้าในตำแหน่งแนวนอนและแนวตั้งให้ทันที ทำให้สามารถสร้างเส้น วงกลม หรือวัตถุอื่น ๆ จากตำแหน่งนั้นได้



11.8 ชั้นข้อมูล (Layers)

การจัดการแบบโดยการกำหนดชั้นข้อมูลหรือ Layer ให้กับวัตถุ เมื่อแบบมีความซับซ้อนและให้ทำให้เกิดความสับสนทางสายตา สามารถซ่อนวัตถุที่ไม่จำเป็นต้องแสดงหรือให้เห็นในขณะนั้นได้ ในภาพวาดด้านล่างประตูและสายไฟถูกซ่อนไว้ชั่วคราวโดยการปิด Layer



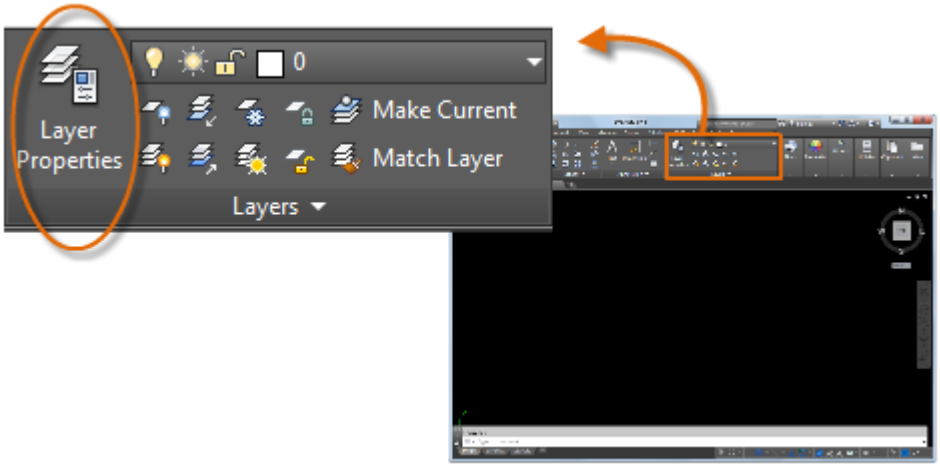


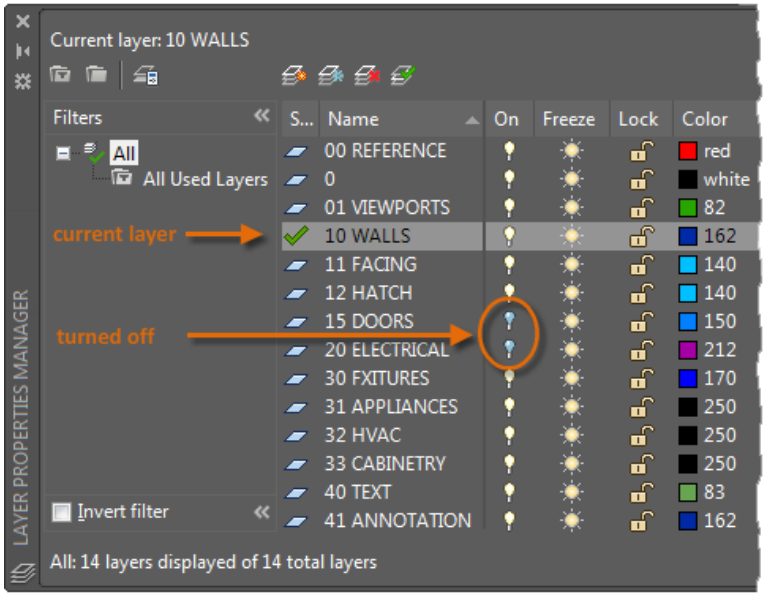
ตัวอย่างประโยชน์ของ Layer

- ช่วยในการเชื่อมโยงวัตถุด้วยฟังก์ชั่นหรือตำแหน่ง
- แสดงหรือซ่อนวัตถุที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในการดำเนินการเพียงครั้งเดียว
- ปรับเปลี่ยนประเภทของเส้น สี และคุณสมบัติมาตรฐานอื่น ๆ สำหรับแต่ละ layer

11.8.1 Layer Controls

เมื่อต้องการจัดการแบบ ให้ใช้คำสั่ง LAYER เพื่อเปิดตัวจัดการคุณสมบัติ Layer สามารถป้อน LAYER หรือ LA ใน Command line หรือสามารถคลิกเครื่องมือ Layer Properties บน Ribbon ซึ่งปรากฏหน้าต่าง Layer Properties Manager





จากตัวอย่าง ตามที่ระบุ layer 10 WALLS คือ Layer ปัจจุบัน วัตถุใหม่ทั้งหมดจะถูกวาดใน Layer นี้โดยอัตโนมัติ ในรายการ layer เครื่องหมายถูกสีเขียวที่อยู่ถัดจากเลเยอร์ 10 WALLS เป็นการยืนยันว่าเป็น layer ปัจจุบัน สำหรับสอง layer ในคอลัมน์ที่มีข้อความเปิดให้สังเกตว่าไอคอนหลอดไฟ ที่ปิด(มืด) เส้น layer doors และ electrical wiring จะถูกปิดเพื่อซ่อน สังเกตว่าแต่ละชื่อ layer

สำหรับแบบที่ซับซ้อนอาจต้องพิจารณาการตั้งชื่อ layer ที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่นชื่อ Layer อาจเริ่มต้นด้วยตัวเลข 3 หลักตามด้วยรหัสการตั้งชื่อที่รองรับหลายชั้นในอาคาร หมายเลขโครงการชุดของแบบสำรวจและข้อมูลคุณสมบัติและอื่น ๆ

11.8.2 Layer Settings

การตั้งค่า Layer ที่ใช้บ่อยที่สุดในการจัดการคุณสมบัติ Layer โดยคลิกไอคอนเพื่อเปิดและปิดการตั้งค่า

- Turn off layers หรือปิด layers เพื่อลดความซับซ้อนของแบบในขณะที่ทำงาน

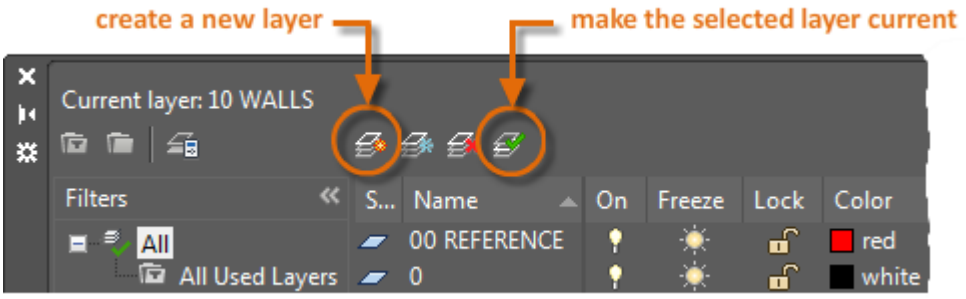
- Freeze layers หรือตรึง layers ที่ไม่จำเป็นต้องเข้าถึงเป็นระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งการ Freeze (แช่แข็ง) นั้นคล้ายกับการปิด

- Lock layers หรือล็อก layers เมื่อต้องการป้องกันการเปลี่ยนแปลงวัตถุบน layers เหล่านั้นโดยไม่ตั้งใจ นอกจากนี้วัตถุบน layers ที่ถูกล็อคจะปรากฏเป็นสีจางซึ่งจะช่วยลดความซับซ้อนในการมองเห็นของแบบ

- Set default properties หรือตั้งค่าคุณสมบัติเริ่มต้นสำหรับแต่ละ layer ได้แก่ สี ประเภทของเส้น, น้ำหนักของเส้น และความโปร่งใส วัตถุใหม่ที่ถูกวาดขึ้นจะใช้คุณสมบัติเหล่านี้เว้นแต่จะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเหล่านี้

11.8.3 Controls in the Layer Properties Manager

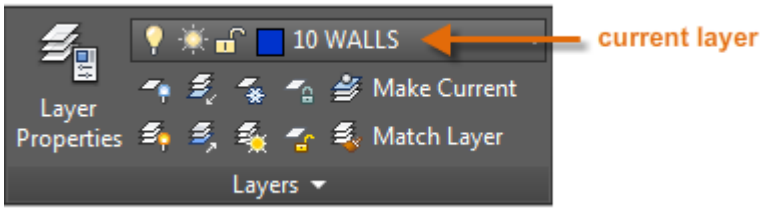
หากต้องการสร้าง Layer ใหม่ ให้คลิกปุ่มที่แสดงและป้อนชื่อของ Layer ใหม่ หากต้องการทำให้ layer ปัจจุบันเป็น Layer อื่นให้คลิก Layer แล้วคลิกปุ่มที่ระบุ



11.8.4 Quick Access to Layer Settings

Layer Properties Manager มีรายละเอียดค่อนข้างมาก และไม่จำเป็นต้องเข้าถึงตัวเลือกทั้งหมด สำหรับการเข้าถึงอย่างรวดเร็วไปยังการควบคุม Layer ที่พบบ่อยที่สุดให้ใช้การ

ควบคุมบน Ribbon เมื่อไม่มีการเลือกวัตถุ Layer panel บนแท็บในหน้าแรกจะแสดงชื่อของ Layer ปัจจุบัน



บางครั้งต้องตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าวัตถุที่สร้างจะอยู่ใน layer ใด โดยคลิกลูกศรในรายการแบบ Drop-Down เพื่อแสดงรายการของ Layer จากนั้นคลิก Layer ในรายการเพื่อทำให้เป็น Layer ปัจจุบัน

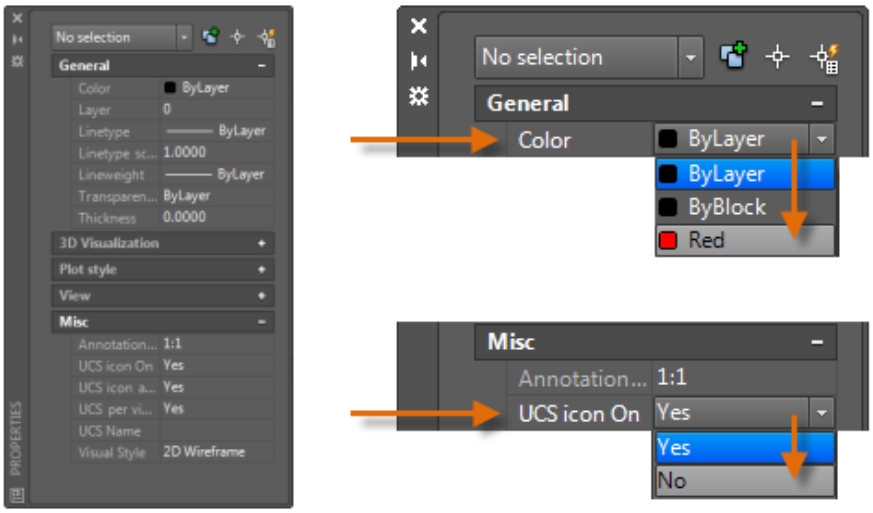
11.9 คุณสมบัติ (Properties)

สามารถกำหนดคุณสมบัติ เช่น สี และ ประเภทของเส้น ให้กับแต่ละวัตถุหรือกำหนดเป็นคุณสมบัติเริ่มต้นที่กำหนดให้กับ layers ตัวอย่าง ผนัง หินตกแต่ง ประตู โต๊ะ, HVAC, ไฟฟ้าและข้อความที่ถูกสร้างขึ้นโดยใช้สีที่แตกต่างกันเพื่อช่วยแยกความแตกต่างระหว่างวัตถุ

11.9.1 The Properties Palette

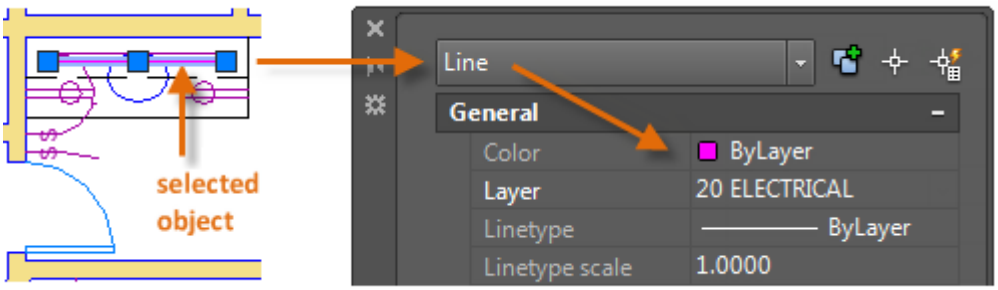
แผงกลุ่ม Properties หรือคุณสมบัติเป็นเครื่องมือสำคัญ สามารถเปิดได้ด้วยคำสั่ง PROPERTIES (พิมพ์ PR ใน Command line) หรือสามารถกด Ctrl + 1 หรือสามารถคลิกที่ลูกศรในรายการแบบ Drop-Down ในแผงกลุ่มคุณสมบัติในแท็บหน้าแรก

Properties palette แสดงรายการการตั้งค่าคุณสมบัติที่สำคัญทั้งหมด สามารถคลิกเลือกคุณสมบัติใด ๆ ที่มีเพื่อเปลี่ยนการตั้งค่าปัจจุบัน ในตัวอย่างหากไม่มีการเลือกวัตถุสีปัจจุบันจะเปลี่ยนจาก ByLayer เป็น Red และไอคอน UCS จะถูกปิด เป็นต้น



11.9.2 Verify and Change Object Properties

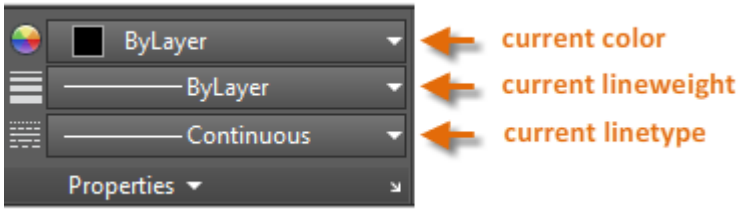
สามารถใช้ Properties palette เพื่อตรวจสอบและเปลี่ยนการตั้งค่าคุณสมบัติสำหรับวัตถุที่เลือก หากคลิกที่วัตถุในรูปวาดเพื่อ ดังแสดงในรูปที่



คุณสมบัติปัจจุบันของวัตถุที่เลือกสามารถเปลี่ยนคุณสมบัติเหล่านี้ได้โดยคลิกและเปลี่ยนการตั้งค่า คุณสมบัติที่ตั้งค่าเป็น "ByLayer" สืบตามการตั้งค่าจาก Layer ในตัวอย่างก่อนหน้าวัตถุที่สร้างขึ้นใน Layer 20 ELECTRICAL เป็นสีม่วงเพราะนั่นเป็นสีเริ่มต้นของวัตถุใน Layer นั้น หากเลือกวัตถุหลายรายการจะมีเพียงคุณสมบัติทั่วไปเท่านั้นที่อยู่ใน Properties palette หากเปลี่ยนคุณสมบัติเหล่านี้อย่างใดอย่างหนึ่งวัตถุทั้งหมดที่เลือกจะเปลี่ยน

11.9.3 Quick Access to Property Settings

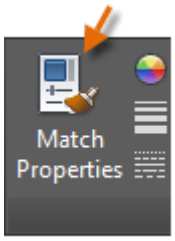
Properties palette สามารถเข้าถึงคุณสมบัติทั่วไปอย่างรวดเร็วให้ใช้ Properties palette ดังที่ในตัวอย่างนี้คุณสมบัติที่แสดงรายการทั้งหมดจะถูกกำหนดเป็น Layer ปัจจุบัน



Properties panel ทำงานเช่นเดียวกับ Properties palette เมื่อเลือกวัตถุ การตั้งค่าคุณสมบัติปัจจุบันจะถูกแทนที่ด้วยคุณสมบัติที่กำหนดให้กับวัตถุที่เลือกและสามารถใช้Panel นี้เพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติของวัตถุที่เลือกอย่างใดอย่างหนึ่งได้อย่างง่ายดาย

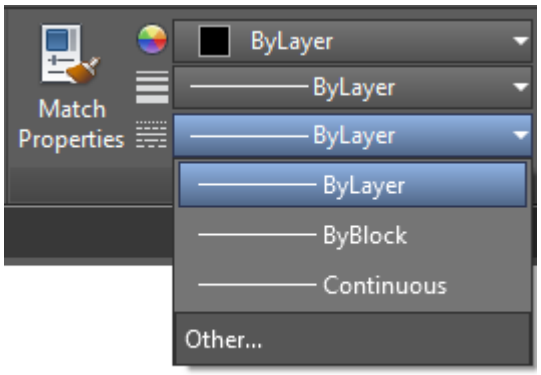
11.9.4 Match the Properties of Objects

เป็นวิธีที่รวดเร็วในการคัดลอกคุณสมบัติของวัตถุที่เลือกไปยังวัตถุอื่น โดยใช้เครื่องมือ Match Properties หรือพิมพ์ MATCHPROP หรือ MA ใน Command line โดยทำการเลือกวัตถุต้นฉบับแล้วเลือกวัตถุอื่นที่ต้องการปรับเปลี่ยน



11.9.5 Linetypes

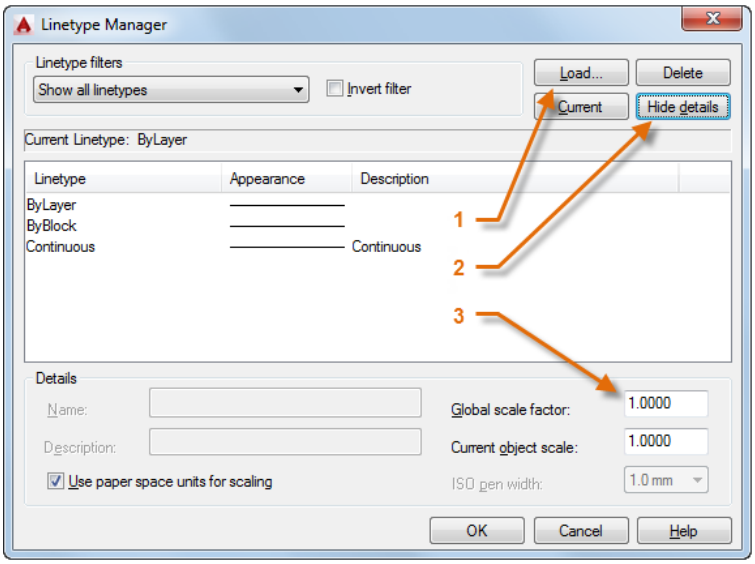
เส้นประ (Dashed) และเส้นที่ไม่ต่อเนื่องรูปแบบอื่น ๆ จะถูกกำหนดจาก Properties panel ซึ่งต้องโหลด Linetype ก่อนจึงจะสามารถกำหนดได้ในรายการ drop-down ของ Linetype คลิก Other



การดำเนินการนี้จะแสดงกล่องโต้ตอบ Linetype Manager ทำตามขั้นตอนต่อไปนี้ตามลำดับ

- คลิก Load เลือกลักษณะของเส้นที่ต้องการใช้งาน

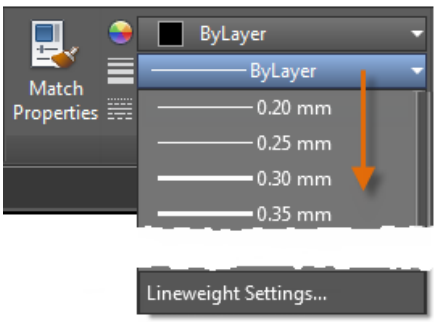
- คลิก Show/Hide details เพื่อแสดงการตั้งค่าเพิ่มเติม
- ระบุ "Global scale factor" ที่ต่างๆ สำหรับ Linetypes ซึ่งยิ่งมีค่ามากขึ้นยิ่งทำให้เส้นประและการเว้นระยะห่างมากขึ้น Click OK



เมื่อโหลด linetypes ที่วางแผนจะใช้แล้วสามารถเลือกวัตถุใดก็ได้และระบุ linetype จาก Properties panel หรือ Properties palette หรือสามารถระบุ linetype เริ่มต้นสำหรับ Layer ใดก็ได้ใน Layer Properties Manager

11.9.6 Lineweights

คุณสมบัติน้ำหนักเส้นหรือ Lineweight เป็นวิธีการแสดงความหนาที่แตกต่างกันสำหรับวัตถุที่เลือก ความหนาของเส้นคงที่โดยไม่คำนึงถึงระดับของมุมมอง ใน Layout lineweights จะแสดงและพิมพ์ในหน่วยความเป็นจริงเสมอ และสามารถกำหนด Lineweights ได้จาก Properties panel ด้วยเช่นกัน

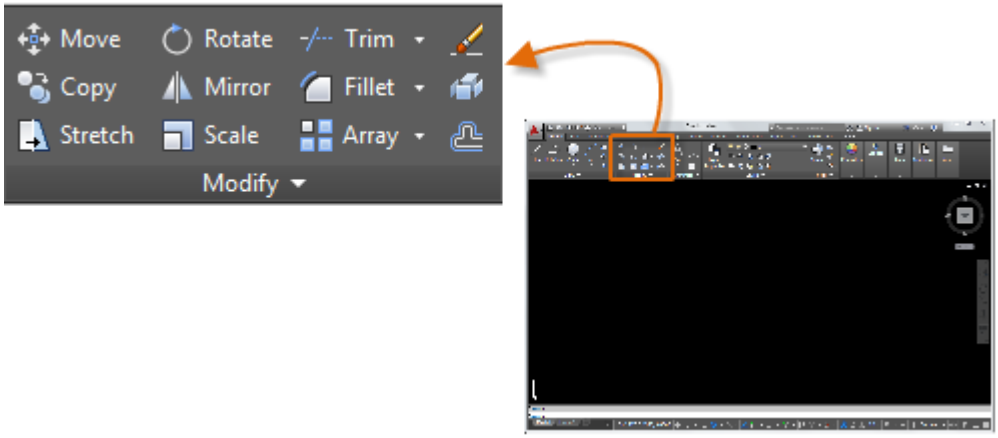


สามารถตั้งค่า lineweight เป็น ByLayer หรือสามารถระบุค่าที่แทนที่ lineweight ของ Layer ในบางกรณีการแสดงตัวอย่าง lineweight จะเหมือนกันเนื่องจากจะแสดงเป็น

ความกว้างพิกเซลโดยประมาณบนจอภาพ อย่างไรก็ตามเส้นจะถูกเขียนหรือวาดที่ความหนาที่ถูกต้องเสมอ

11.10 คำสั่งดัดแปลง (Modifying)

การดำเนินการแก้ไข เช่น ลบ ย้าย และตัดแต่ง บนวัตถุในรูปวาด เครื่องมือที่พบบ่อยที่สุดเหล่านี้จะอยู่ที่แผงดัดแปลง (Modify panel) ของแท็บหน้าแรก

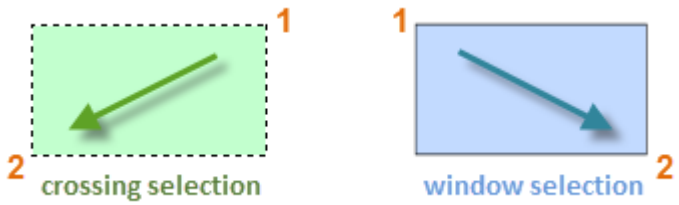


11.10.1Erase

ในการลบวัตถุให้ใช้คำสั่ง ERASE โดยสามารถป้อน E ในหน้าต่างคำสั่งหรือคลิกเครื่องมือ ERASE เมื่อเห็นเคอร์เซอร์เปลี่ยนเป็นกล่องเลือกสี่เหลี่ยมให้คลิกวัตถุที่ต้องการลบจากนั้นกด Enter หรือ Spacebar หรืออีกทางหนึ่งก่อนที่จะป้อนคำสั่งใดๆ สามารถเลือกวัตถุหลาย ๆ อันแล้วกดปุ่ม Delete (สำหรับผู้ใช้ที่มีประสบการณ์มักใช้วิธีนี้เช่นกัน)

11.10.2Select Multiple Objects

บางครั้งเมื่อต้องเลือกวัตถุจำนวนมากแทนการเลือกทีละวัตถุ สามารถเลือกวัตถุในพื้นที่โดยคลิกที่ตำแหน่งว่าง (1) เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้ายหรือขวาจากนั้นคลิกอีกครั้ง (2)

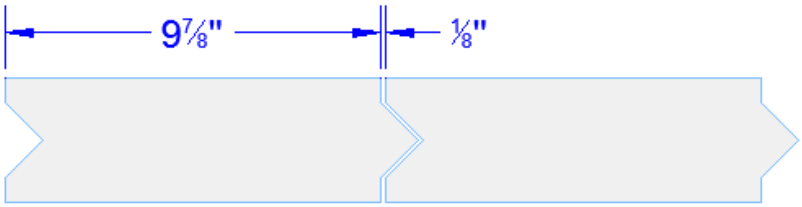


- การเลือกข้ามวัตถุใด ๆ crossing selection ภายในหรือสัมผัสพื้นที่สีเขียวจะถูกเลือก
- การเลือกหน้าต่าง window selection เฉพาะวัตถุที่อยู่ในบริเวณสีน้ำเงินเท่านั้นที่ถูกเลือก

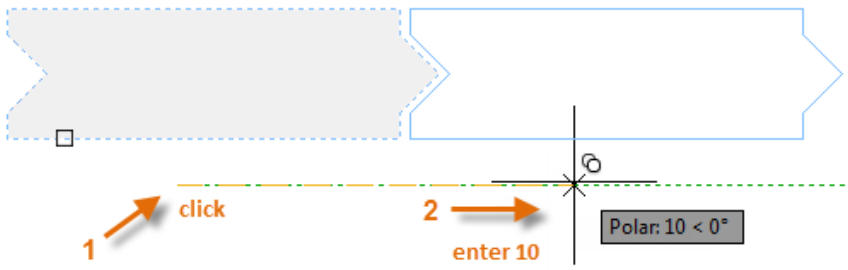
ผลลัพธ์จะถูกเรียกว่า “ชุดการเลือกชุดของวัตถุ” ทั้งนี้สามารถนำวัตถุออกจากชุดการเลือกได้ โดยให้กด Shift ค้างไว้แล้วเลือกสองรายการที่ต้องการลบ จากนั้นกด Enter หรือ Spacebar หรือคลิกขวาเพื่อสิ้นสุดกระบวนการคัดเลือก

11.10.3Move and Copy

การจะใช้คำสั่ง COPY เพื่อจัดเรียงแถวของกระเบื้องตกแต่ง โดยต้องทำสำเนาที่ห่างกัน 1/8 " คลิกเครื่องมือ Copy หรือป้อน CP ในหน้าต่างคำสั่งเพื่อเริ่มคำสั่ง จากที่นี่สามารถเลือกระหว่างสองวิธีขึ้นอยู่กับสิ่งที่สะดวกกว่า จะใช้สองวิธีนี้เป็นประจำ

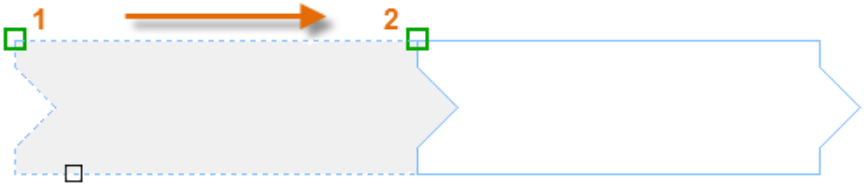


- The Distance Method เมื่อทราบว่าผลรวมระยะทางจะต้องมีขนาดรวม 9-7 / 8 "+ 1/8" = 10" ไปทางด้านขวาของกระเบื้องดั้งเดิม ดังนั้น เลือกกระเบื้องแล้วกด Enter หรือ Spacebar เพื่อสิ้นสุดการเลือกแล้วคลิก ที่ใดก็ได้ในพื้นที่วาดรูป (Drawing area) (1) โดยจุดนี้ไม่จำเป็นต้องอยู่บนกระเบื้อง ถัดไปเลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวาโดยใช้มุม Polar tracking เพื่อรักษาทิศทางในแนวนอนแล้วป้อน 10 สำหรับระยะทาง กด Enter หรือ Spacebar เป็นครั้งที่สองเพื่อจบคำสั่ง ระยะทางที่กำหนดและทิศทางจากจุด (1) ถูกนำไปใช้กับกระเบื้องที่เลือก

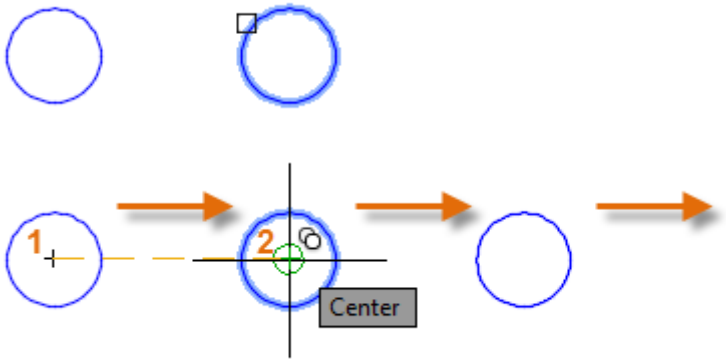


- The Two Points Method เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มักจะใช้เมื่อไม่ต้องการเพิ่มตัวเลขรวมเข้าด้วยกัน เริ่มต้นคำสั่ง COPY และเลือกกระเบื้องเหมือนวิธีแรก แต่วิธีการนี้คลิกจุดปลายสองจุดตามที่แสดง ที่จุดทั้งสองนี้กำหนดระยะทางและทิศทางให้ถูกต้อง

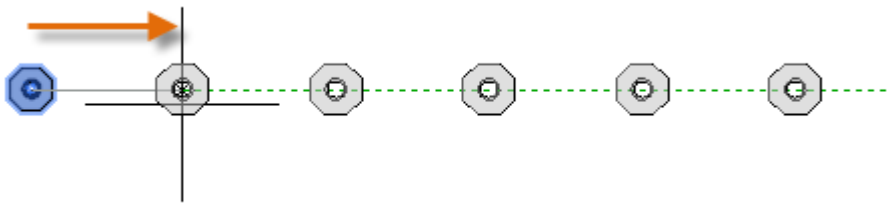
ในการเพิ่มช่องว่าง 1/8" ระหว่างกระเบื้องให้คลิกเครื่องมือ Move หรือป้อน M ในหน้าต่างคำสั่งคำสั่ง MOVE แล้วกด Enter หรือ Spacebar ก่อนคลิกที่ใดก็ได้ในพื้นที่วาดแล้วเลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวาป้อน 1/8 สำหรับระยะทาง ทั้งนี้จุดสองจุดที่กำหนดระยะทางและทิศทางไม่จำเป็นต้องอยู่บนวัตถุที่ต้องการคัดลอก สามารถใช้สองจุดที่ระบุไว้ที่ใดก็ได้ในแท็บ Model



การสร้างสำเนาหลายชุด Create Multiple Copies สามารถใช้วิธีการ two-points method เป็นลำดับการทำซ้ำ สมมติว่าต้องการทำสำเนาของวงกลมเพิ่มเติมที่ระยะทางแนวนอนเดียวกัน เริ่มต้นคำสั่ง COPY และเลือกวงกลมดังที่แสดง จากนั้นใช้ object snap > Center คลิกที่ศูนย์กลางของวงกลม 1 ตามด้วยศูนย์กลางของวงกลม 2 และอื่นๆ



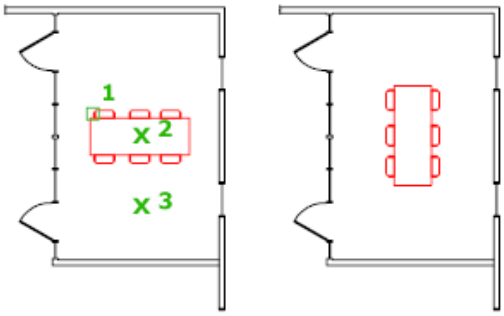
สำหรับจำนวนสำเนาที่มากขึ้นอาจใช้ตัวเลือกคำสั่ง Array ของคำสั่ง COPY ตัวอย่างเช่นนี่คือการจัดเรียงเชิงเส้นของเสาเข็มลึก จากจุดฐานระบุจำนวนสำเนาและระยะห่างจากศูนย์กลางถึงกลาง



11.10.4Rotates objects around a base point.

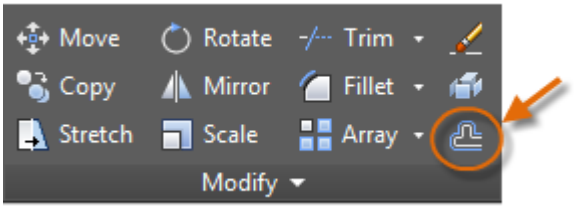
สามารถหมุนวัตถุที่เลือกไปรอบๆ จุดฐานเป็นมุมที่แน่นอน การเลือกวัตถุและกด Enter เมื่อเสร็จสิ้น และระบุจุด ระบุมุมการหมุน ป้อนมุมระบุจุด หรือป้อน c หรือป้อน r (C

หมายถึงการทำสำเนาสำหรับการหมุน หรือ R สำหรับการอ้างอิง หมุนวัตถุจากมุมที่ระบุไปยังมุมใหม่ที่แน่นอน)

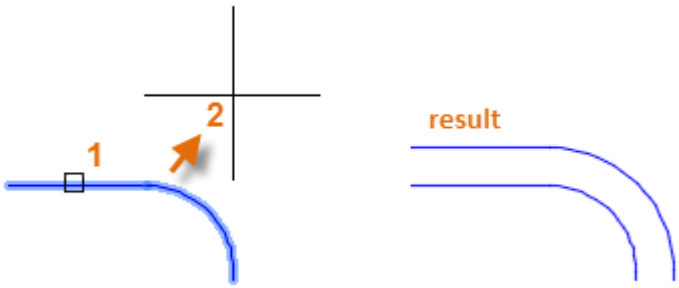


11.10.5Offset

การเขียนแบบส่วนใหญ่มีเส้นขนานและเส้นโค้งจำนวนมาก สามารถสร้างได้โดยง่ายและมีประสิทธิภาพด้วยคำสั่ง OFFSET คลิกเครื่องมือ OFFSET หรือป้อน O ในหน้าต่างคำสั่ง

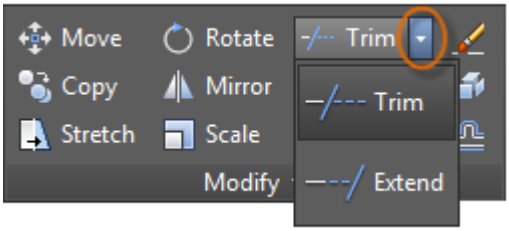


เลือกวัตถุ (1) ระบุระยะทางออฟเซ็ตแล้วคลิกเพื่อระบุว่าด้านใดของต้นฉบับที่ต้องการผลลัพธ์ (2) นี่คือตัวอย่างของการ Opset เส้น Polyline

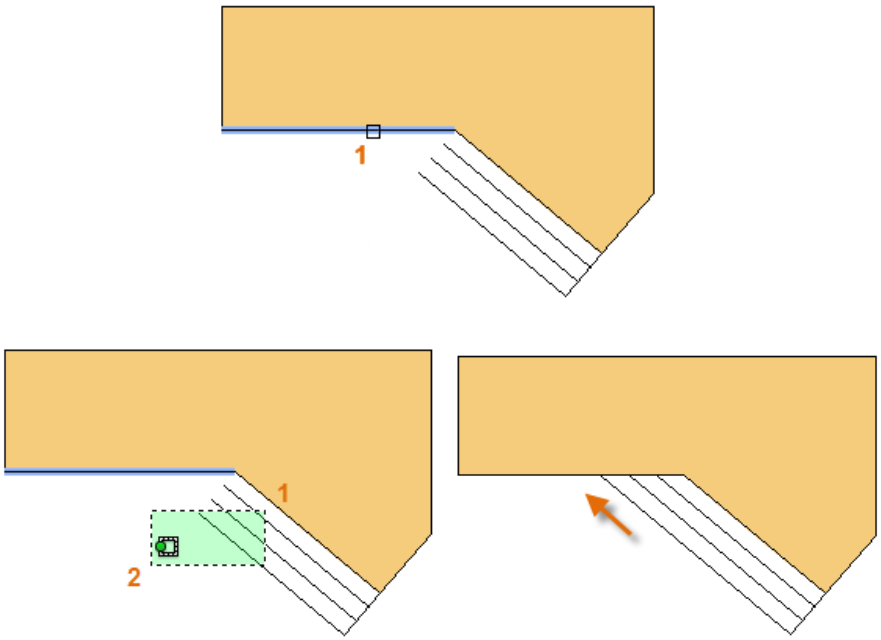


11.10.6Trim and Extend

คำสั่ง TRIM และ EXTEND ในหน้าต่างคำสั่งสามารถป้อน TR สำหรับ TRIM หรือ EX สำหรับ EXTEND ในการเล็มและขยายส่วนใหญ่เป็นการดำเนินการที่ใช้บ่อยที่สุด



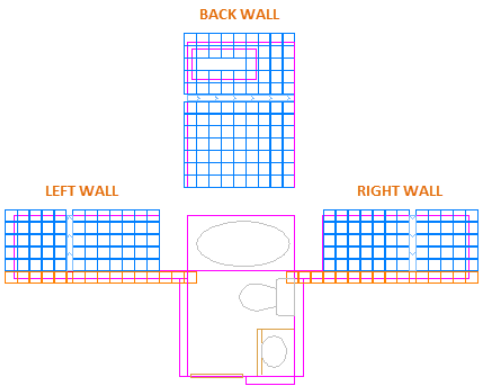
ในภาพประกอบต่อไปนี้ หากต้องการขยายเส้นที่แสดงขั้นบันไดบริเวณชานพักนี้ เริ่มคำสั่ง Extend เลือกขอบเขตแล้วกด Enter หรือ Spacebar ผลที่ได้คือวัตถุทั้งหมดที่มีอยู่เป็นขอบเขตที่เป็นไปได้ ถัดไปเลือกวัตถุที่จะขยาย (ใกล้ถึงปลายที่จะขยาย) ผลที่ได้คือเส้นถูกขยายไปยังขอบเขต



คำสั่ง TRIM ทำตามขั้นตอนเดียวกันยกเว้นเมื่อเลือกวัตถุที่จะตัดแต่งเลือกส่วนที่จะตัดออก

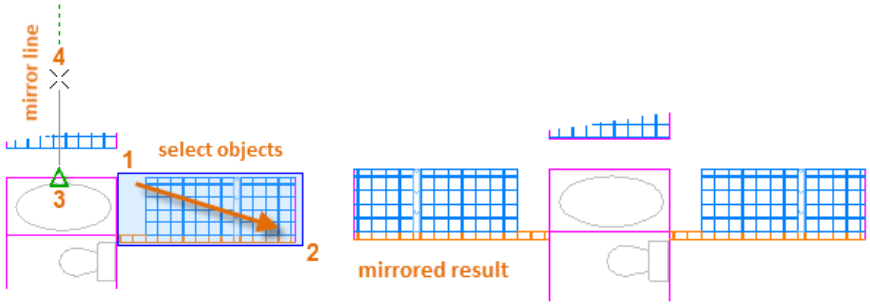
11.10.7Mirror

ภาพประกอบต่อไปนี้มาจากกระเบื้องผนังในห้องน้ำที่อยู่อาศัย เพื่อให้สามารถวางรูปแบบกระเบื้องและประมาณการจำนวนกระเบื้องที่ต้องการ



สามารถลดภาระงานได้มากโดยใช้ประโยชน์จากความสมมาตรระหว่างกำแพงด้านซ้ายและขวา สิ่งที่ต้องทำคือสร้างกระเบื้องบนผนังด้านหนึ่งแล้วสะท้อนผนังจากกึ่งกลางห้อง

ในตัวอย่างด้านล่างเริ่มต้นคำสั่ง MIRROR หรือพิมพ์ MI ใน Command line ใช้การเลือกหน้าต่าง (1) และ (2) Enter หรือ Spacebar จากนั้นระบุเส้นกึ่งกลาง (Mirror line) (3) และ (4) กึ่งกลางของห้องน้ำ



11.10.8Fillet

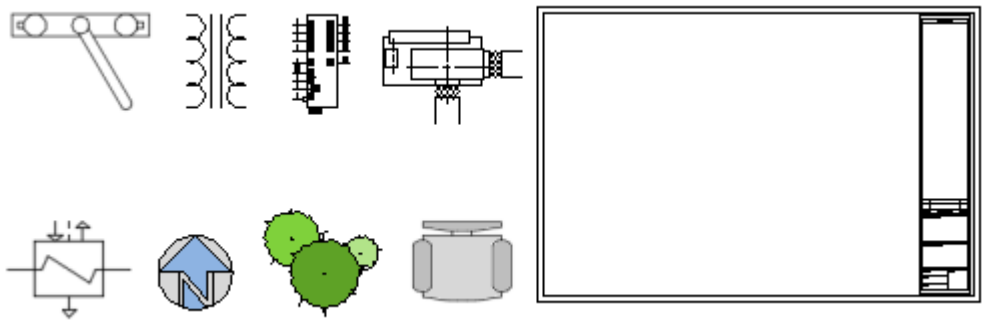
คำสั่ง FILLET (หรือพิมพ์ F ใน Command line) สร้างมุมโค้งมนโดยการสร้างส่วนโค้งที่สัมผัสกับวัตถุที่เลือกสอง สังเกตว่า Fillet ถูกสร้างขึ้นโดยสัมพันธ์กับตำแหน่งที่เลือกวัตถุ สามารถสร้าง Fillet ระหว่างวัตถุเรขาคณิตส่วนใหญ่รวมถึงเส้นส่วนโค้งและส่วนของเส้นหลายเหลี่ยม

11.10.9Explode

คำสั่ง EXPLODE (หรือพิมพ์ X ใน Command line) เพื่อยกเลิกกลุ่มของวัตถุผสมที่มีชิ้นส่วนส่วนประกอบ โดยสามารถระเบิดวัตถุ เช่น Polylines, Hatches และ Block (สัญลักษณ์) หลังจากที่ระเบิดวัตถุผสม เพื่อสามารถปรับเปลี่ยนวัตถุแต่ละวัตถุที่แยกออกได้

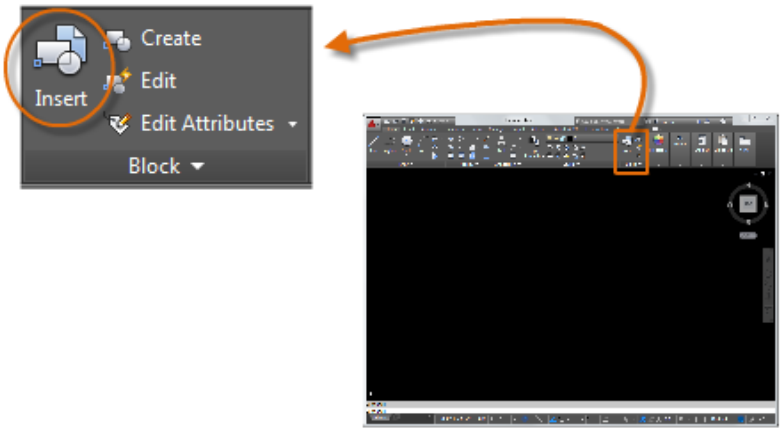
11.11 บล็อก (Blocks)

การแทรกสัญลักษณ์และรายละเอียดลงในแบบ จากแหล่งข้อมูลออนไลน์หรือจากการออกแบบเอง ใน AutoCAD Block คือ ชุดของวัตถุที่รวมกันเป็นวัตถุชื่อเดียว ตัวอย่างบล็อกบางส่วนที่สเกลต่างๆ บางส่วนของบล็อกเหล่านี้เป็นตัวแทนจริงของวัตถุ และบางอย่างเป็นสัญลักษณ์

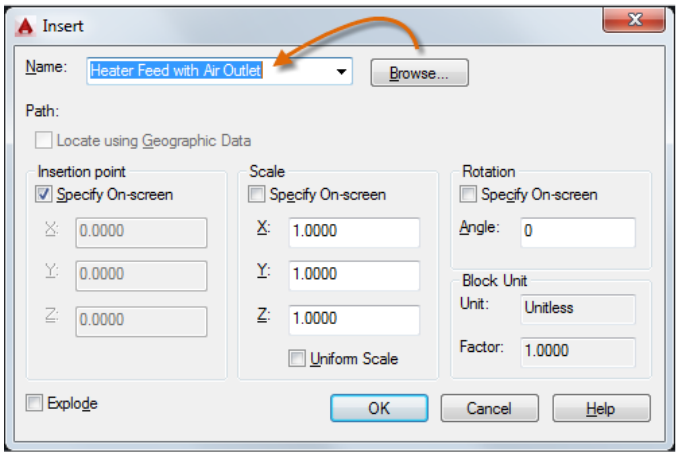


11.11.1Insert a Block

โดยทั่วไปแต่ละ block เป็นไฟล์รูปวาดส่วนบุคคลอาจบันทึกในโฟลเดอร์ที่มีไฟล์รูปวาดที่คล้ายกัน เมื่อต้องการแทรกหนึ่งไฟล์ลงในไฟล์รูปวาดปัจจุบันที่มีจะใช้คำสั่ง INSERT หรือ พิมพ์ I ในหน้าต่างคำสั่ง



ครั้งแรกที่แทรกรูปวาดเป็น block จะต้องคลิกเรียกดูเพื่อค้นหาไฟล์รูปวาด ตรวจสอบให้แน่ใจว่าจัดระเบียบบล็อกของลงในโฟลเดอร์ที่ง่ายต่อการค้นหา



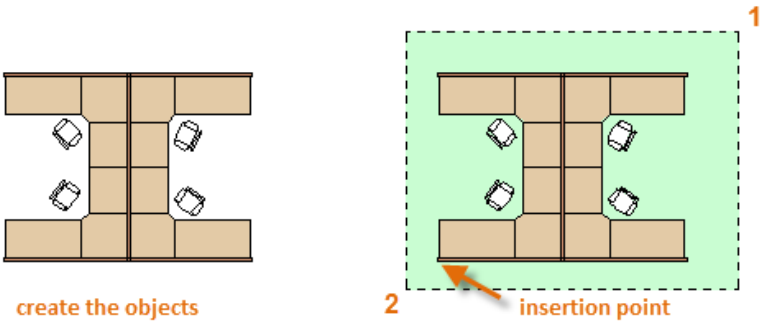
เมื่อแทรกแล้วคำจำกัดความ Block จะถูกเก็บไว้ในรูปวาดปัจจุบัน จากนั้นสามารถเลือกได้จากรายการแบบ drop-down โดยไม่จำเป็นต้องคลิกปุ่มเรียกดู

11.11.2Create a Block Definition

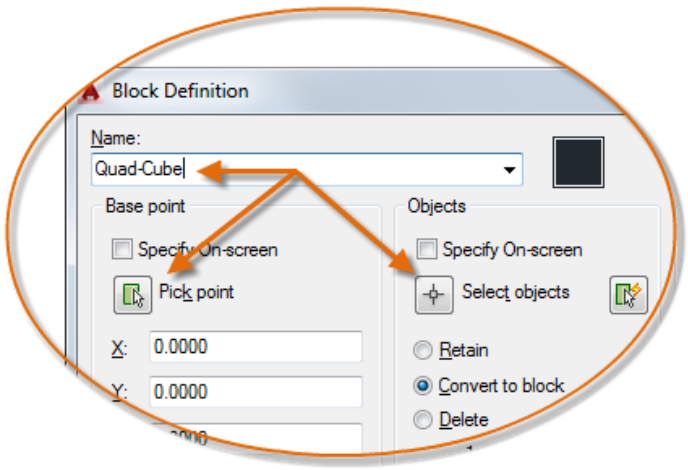
แทนที่จะสร้างไฟล์รูปวาดเพื่อแทรกเป็นบล็อก อาจต้องการสร้างคำจำกัดความบล็อกโดยตรงในรูปวาดปัจจุบัน ใช้วิธีนี้หากไม่ได้วางแผนที่จะแทรกบล็อกเข้าไปในรูปวาดอื่น ๆ ในกรณีดังกล่าวให้ใช้คำสั่ง BLOCK เพื่อสร้างคำจำกัดความของบล็อก

ตัวอย่างเช่นนี่คือวิธีที่สามารถสร้าง Block สำหรับการออกแบบห้องเล็ก ๆ

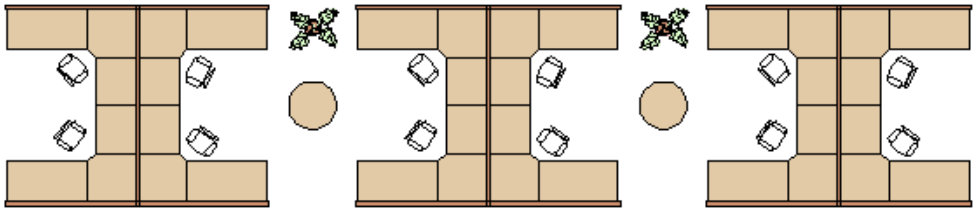
- สร้างวัตถุสำหรับ Block
- เริ่มต้นคำสั่ง BLOCK
- ป้อนชื่อ Block ในกรณี
- เลือกวัตถุที่สร้างขึ้นสำหรับ Block (คลิก 1 และ 2)
- ระบุจุดแทรกของ Block



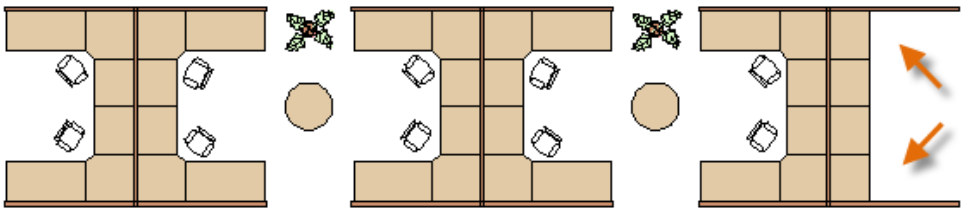
สามารถป้อนข้อมูลในกล่องโต้ตอบ Block Definition



หลังจากสร้างคำจำกัดความ Block สามารถแทรกคัดลอกและหมุนบล็อกได้ตามต้องการ



ใช้คำสั่ง EXPLODE ในการระเบิด Block กลับไปยังวัตถุองค์ประกอบหากต้องการเปลี่ยนแปลง ในภาพประกอบด้านล่างด้านขวาถูกระเบิดและแก้ไข

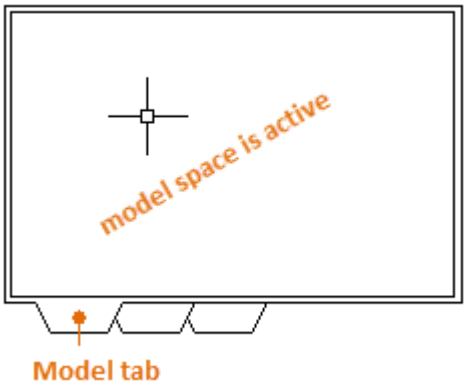


11.12 เลย์เอาท์ (Layouts)

เป็นการแสดงมุมมองหลังจากสร้างแบบขนาดเต็มแล้ว โดยสามารถสลับไปยัง Layout เพื่อสร้างมุมมองที่ปรับขนาดของแบบและเพิ่มบันทึกย่อป้ายชื่อและขนาด และสามารถระบุประเภทของเส้นและความกว้างของเส้นต่าง ๆ เพื่อแสดงในพื้นที่กระดาษ

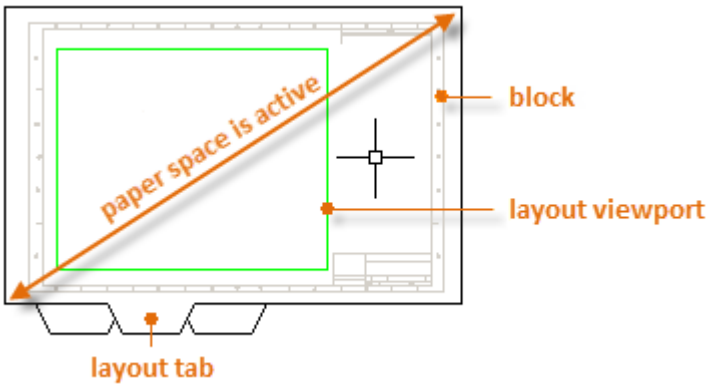
11.12.1Model Space and Paper Space

อย่างที่ทราบการสร้างเรขาคณิตของแบบจะทำในแท็บ Model เดิมทีนี่เป็นพื้นที่เดียวที่มีใน AutoCAD บันทึกย่อ ป้ายชื่อ การบอกขนาดของมิติ ข้อมูลและเส้นขอบและบล็อกหัวเรื่องทั้งหมดจะถูกสร้างและปรับขนาดในพื้นที่ของ Model



แต่หลังจากมีฟังก์ชั่น Paper space ทำให้สามารถคลิกแท็บ Layout เพื่อเข้าถึงพื้นที่ที่ออกแบบมาเฉพาะสำหรับเค้าโครงและมาตราส่วน ในภาพด้านล่างพื้นที่กระดาษใช้งาน

อยู่ ขณะนี้มีเพียงวัตถุสองวัตถุในพื้นที่กระดาษ คือ บล็อกเส้นขอบ และเค้าโครงสำหรับพิมพ์ (*Layout viewport*) ซึ่งแสดงมุมมองของพื้นที่ Model



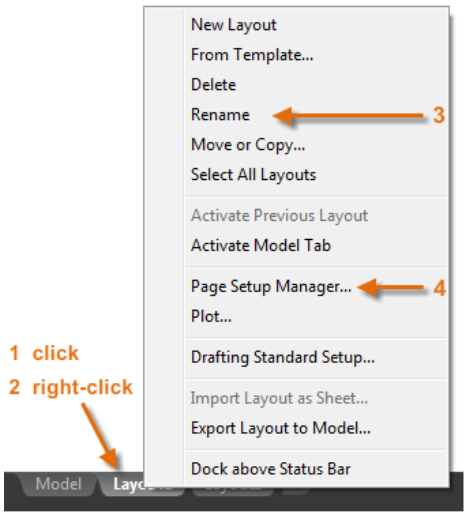
11.12.2Four Methods for Scaling

มี 4 วิธีใน AutoCAD ที่ใช้ในการปรับขนาด บันทึกย่อ คำอธิบาย และการบอกขนาดของมิติข้อมูล แต่ละวิธีมีข้อดีขึ้นอยู่กับการใช้งานดังนี้

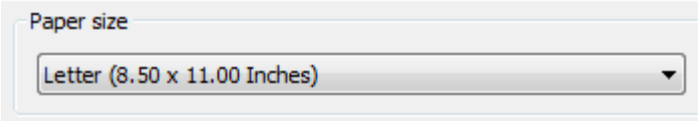
- Original Method (**วิธีการดั้งเดิม**) สร้างแบบคำอธิบายประกอบ และพิมพ์จาก Model การบอกขนาด บันทึกย่อ และป้ายกำกับทั้งหมดจะต้องถูกปรับขนาดกลับกัน
- Layout Method สร้างแบบและใส่คำอธิบายประกอบในพื้นที่ของแท็บ Model และพิมพ์จาก Layout ตั้งค่าสเกลมิติเป็น 0 และขนาดจะปรับขนาดโดยอัตโนมัติ
- Annotative Method สร้างแบบในพื้นที่ Model สร้างมิติคำอธิบายประกอบหมายเหตุและป้ายกำกับ (ใช้รูปแบบคำอธิบายประกอบพิเศษ) ในพื้นที่แท็บ Layout และพิมพ์จาก Layout วัตถุคำอธิบายประกอบจะแสดงใน layout viewports ที่ใช้สเกลเดียวกันเท่านั้น สเกลมิติจะถูกตั้งค่าเป็น 0 โดยอัตโนมัติและสเกลของวัตถุคำอธิบายประกอบทั้งหมดจะถูกปรับอัตโนมัติ
- Trans-Spatial Method สร้างรูปทรงเรขาคณิตในพื้นที่ Model สร้างคำอธิบายประกอบในพื้นที่กระดาษบนแท็บ Layout ที่กำหนดขนาดเป็น 1 และพิมพ์จาก Layout วิธีการนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดและถูกต้องมากที่สุด

11.12.3Specifying the Paper Size of a Layout

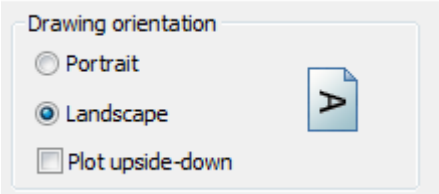
สิ่งแรกที่ควรทำเมื่อเข้าถึงแท็บ Layout (1) คือคลิกขวาที่แท็บ (2) และเปลี่ยนชื่อ (3) เลือกโครงร่างต้นแบบสำหรับ Layout อาจเลือกใช้ D-size, ARCH D หรือ ANSI D



จากนั้นเปิดตัวจัดการการตั้งค่าหน้ากระดาษ (4) เพื่อเปลี่ยนขนาดกระดาษที่แสดงในแท็บ Layout

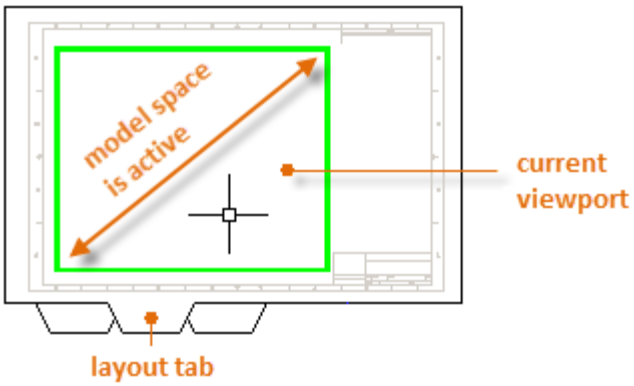


เลือกรูปแบบการวางหน้ากระดาษ เพราะเครื่องพิมพ์และพล็อตเตอร์บางตัวไม่รู้จักการตั้งค่าการวางแนวการวาด

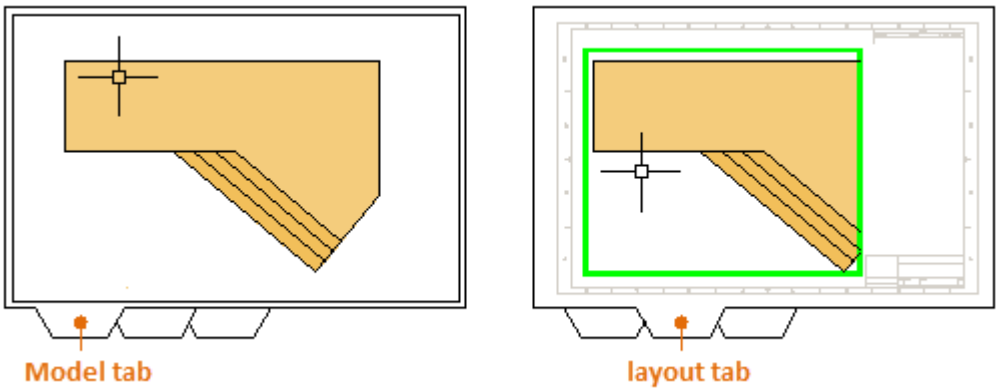


11.12.4 Layout Viewports

Layout viewport เป็นวัตถุที่สร้างขึ้นในพื้นที่กระดาษเพื่อแสดงมุมมองที่ปรับขนาดของพื้นที่รูปแบบ สามารถคิดว่ามันเป็นจอภาพทีวีวงจรปิดที่แสดงส่วนของแท็บ model ในภาพประกอบ model นั้นสามารถเข้าถึงได้จากภายใน layout viewport ปัจจุบัน

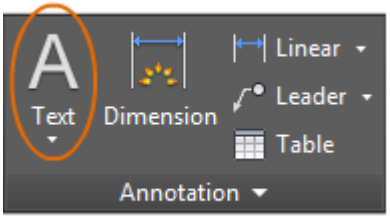


ใน Layout เมื่อ Model พื้นที่พร้อมใช้งาน (Active) สามารถเลื่อน ซูม และดำเนินการสิ่งอื่น ๆ เช่นเดียวกับที่สามารถทำได้บนแท็บ Model สามารถสลับไปมาระหว่างพื้นที่กระดาษและพื้นที่จำลองได้ด้วยการ Double click ภายในหรือภายนอก Layout viewport ตัวอย่างเช่นสมมติว่าสร้างการออกแบบดาดฟ้าด้านหลังในพื้นที่แบบจำลองและตอนนี้ต้องการจัดวางและพิมพ์การออกแบบของจากแท็บ Layout

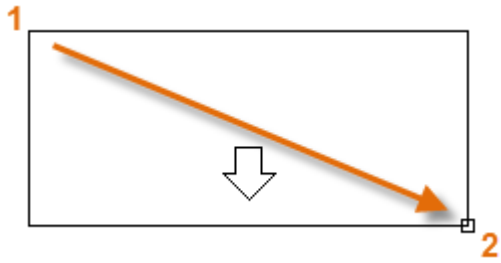


11.13 บันทึกย่อและคำอธิบาย (Notes and Labels)

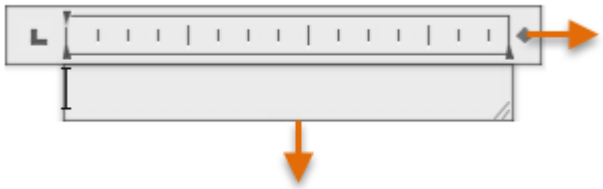
สร้างบันทึกย่อ, คำอธิบาย, ฟองอากาศ และข้อความเสริม โดยสร้างบันทึกทั่วไปโดยใช้คำสั่ง MTEXT (หรือพิมพ์ MT ในหน้าต่างคำสั่ง) ซึ่งย่อมาจากข้อความ Multiline text เครื่องมือ Multiline text มีอยู่ใน Annotation panel



หลังจากที่เริ่มคำสั่ง MTEXT จะพร้อมให้สร้าง "กล่องข้อความ" ด้วยการคลิกในแนวทแยงสองครั้ง

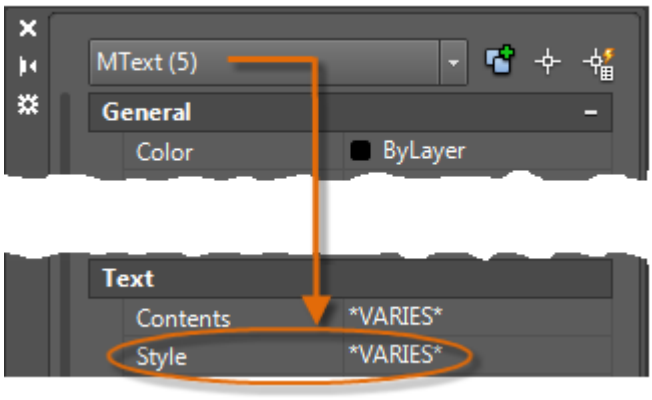


ขนาดที่แน่นอนของกล่องข้อความนั้นไม่สำคัญ หลังจากที่สร้างกล่องข้อความตัวแก้ไขตำแหน่งจะปรากฏขึ้นและสามารถเปลี่ยนความยาวและความกว้างของบันทึกย่อก่อนระหว่างหรือหลังจากพิมพ์ข้อความได้



การควบคุมตามปกติทั้งหมดมีอยู่ในเครื่องมือแก้ไข รวมถึงแท็บ ตัวเอียง และคอลัมน์ สังเกตว่าเมื่อเริ่มต้นคำสั่ง MTEXT Ribbon จะเปลี่ยนแปลงชั่วคราวโดยแสดงตัวเลือกมากมาย เช่นลักษณะข้อความ (Text styles) คอลัมน์ (Columns) การตรวจสอบการสะกด (Spell checking) และอื่นๆ ในการออกจากตัวแก้ไขข้อความหลังจากที่ป้อนข้อความเสร็จให้คลิกที่ใดก็ได้ด้านนอก และในการแก้ไขบันทึกย่อให้ Double click เพื่อเปิดตัวแก้ไขข้อความ

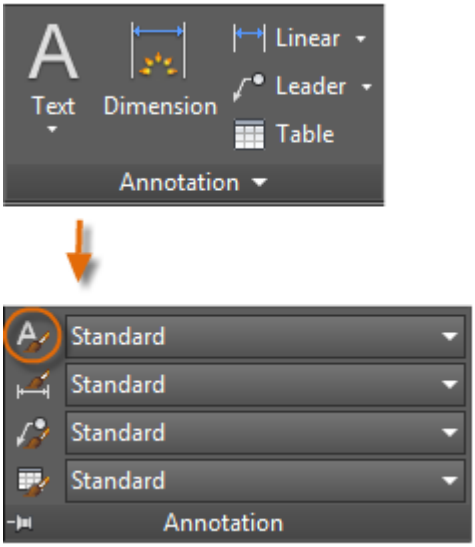
สามารถใช้ชุดคุณสมบัติ (Properties palette) เพื่อควบคุมลักษณะข้อความที่ใช้สำหรับวัตถุข้อความหลายเส้นที่เลือกอย่างน้อยหนึ่งรายการ ตัวอย่างเช่นหลังจากเลือกโน้ตห้าตัวที่ใช้สไตล์ที่แตกต่างกันให้คลิกที่คอลัมน์สไตล์และเลือกสไตล์จากรายการตัวอักษรจำนวน 5 คำ (MText (5))



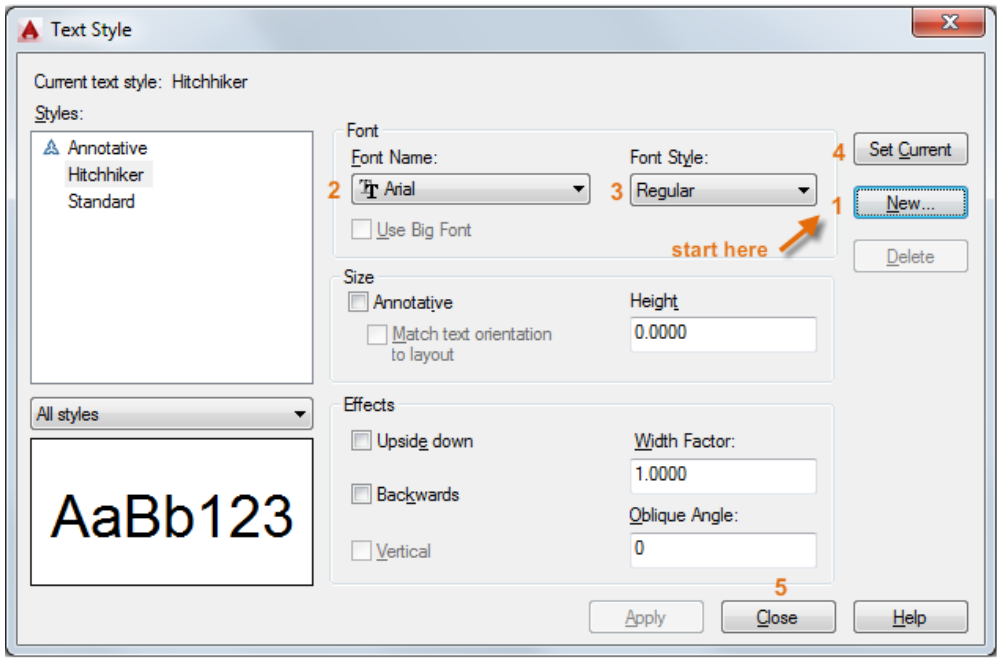
11.13.1Create a Text Style

เช่นเดียวกับฟีเจอร์ Annotation อื่น ๆ Multiline text ให้การตั้งค่ามากมาย สามารถบันทึกการตั้งค่าเหล่านี้เป็น *Text style* โดยใช้คำสั่ง STYLE แล้วสามารถเข้าถึง Text styles ที่

บันทึกไว้โดยคลิกที่ลูกศรแบบ drop-down บนแผงคำอธิบายประกอบ รูปแบบข้อความปัจจุบันจะปรากฏที่ด้านบนของรายการลูกศรแบบ drop-down หากต้องการสร้างรูปแบบข้อความใหม่ที่ Text Style control ตามที่แสดง



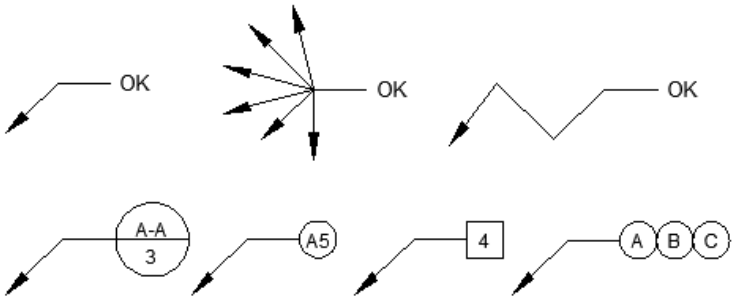
เมื่อสร้าง Text style ใหม่ให้ชื่อแล้ว เลือกแบบอักษร Font และลักษณะแบบอักษร Font style ลำดับที่คลิกปุ่มจะแสดงอยู่ด้านล่าง



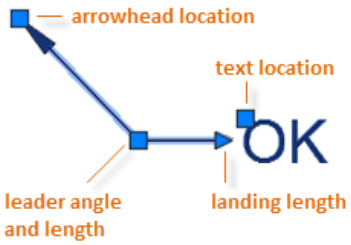
11.13.2Multileaders

Multileader ใช้เพื่อสร้างข้อความที่มีเส้นนำทาง เช่น ป้ายกำกับทั่วไป ป้ายอ้างอิงฟองอากาศ และข้อความเสริม เป็นต้น

Multileader ใช้เพื่อสร้างข้อความที่มีเส้นนำ เช่น ป้ายกำกับทั่วไป ป้ายอ้างอิง ฟองอากาศ และข้อความเสริม

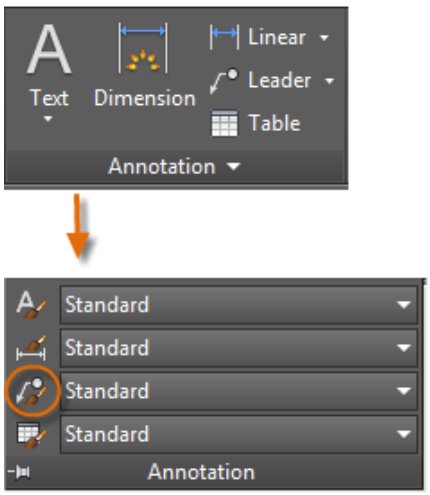


ในการสร้าง Multileader ใช้คำสั่ง MLEADER คลิกเครื่องมือ Multileader ใน Annotation panel หรือพิมพ์ MLD ในหน้าต่างคำสั่ง ทำตามคำแนะนำและตัวเลือกในหน้าต่างคำสั่ง หลังจากที่สร้าง Multileader แล้ว สามารถแก้ไขโดยการ Click และเลื่อน



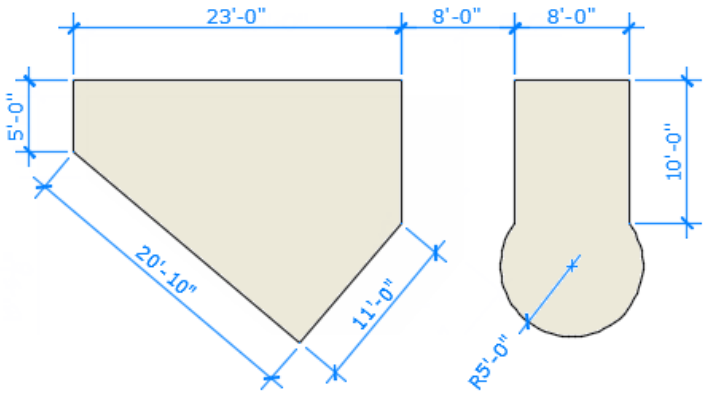
11.13.3Create a Multileader Style

สามารถสร้าง multileader styles เองจากรายการลูกศร drop-down ใน Annotation panel หรือโดยการพิมพ์ MLEADERSTYLE ในหน้าต่างคำสั่ง



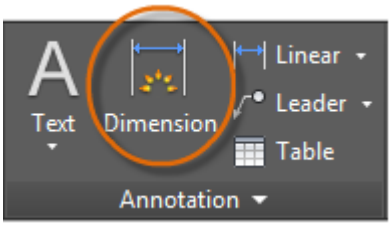
11.14 การบอกขนาด (Dimensions)

การบอกขนาดของมิติและบันทึกการตั้งค่า ตัวอย่างของการบอกขนาดของมิติหลายๆ ประเภท โดยใช้ Dimension style > Architectural dimension ซึ่งเป็นหน่วย Imperial units

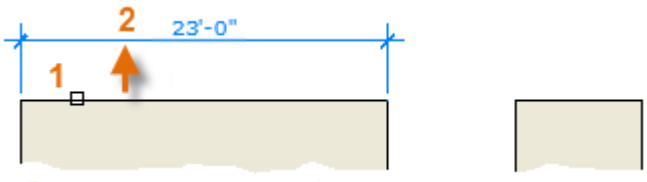


11.14.1Linear Dimensions

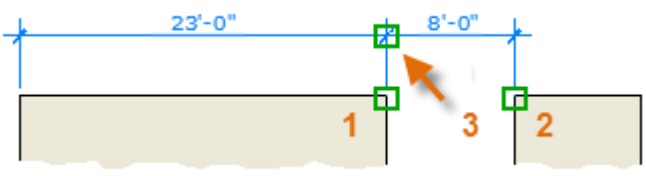
สามารถสร้างการบอกขนาดของมิติแนวนอน แนวตั้ง และรัศมี ด้วยคำสั่ง DIM ชนิดของการบอกขนาดของมิติข้อมูลขึ้นอยู่กับวัตถุที่เลือกและทิศทางที่ลากเส้นมิติ



ภาพประกอบต่อไปนี้สาธิตวิธีหนึ่งสำหรับการใช้คำสั่ง DIM เมื่อเริ่มคำสั่งให้กด Enter หรือ Spacebar เลือกบรรทัด (1) แล้วคลิกที่ตั้งของเส้นมิติ (2)

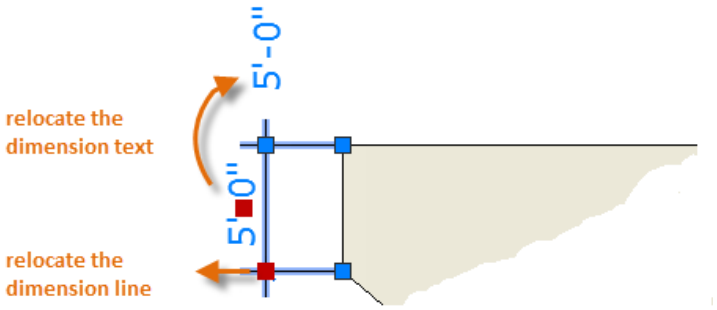


สำหรับการบอกขนาด 8'-0 " ด้านล่างโดยเริ่มต้นคำสั่ง DIM คลิกสองจุดปลาย (1) (2) จากนั้นตำแหน่งของเส้นมิติ (3) เมื่อต้องการจัดเรียงเส้นบอกขนาดที่ (3) ให้จัดชิดกับจุดสิ้นสุดของเส้นมิติที่สร้างไว้ก่อนหน้านี้



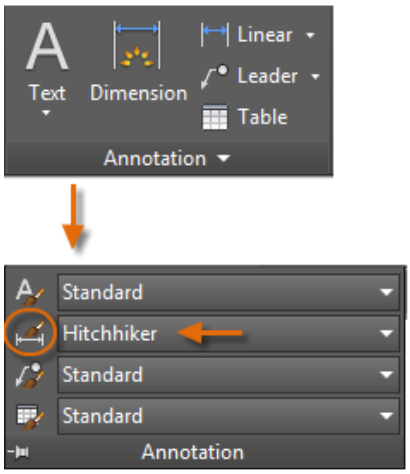
11.14.2Modify Dimensions

สำหรับการปรับขนาดอย่างง่ายสามารถทำได้โดยการใช้มือจับ ในตัวอย่างนี้เลือกการบอกขนาดของมิติเพื่อแสดงส่วนจับ จากนั้น Click บนข้อความและลากไปยังตำแหน่งใหม่

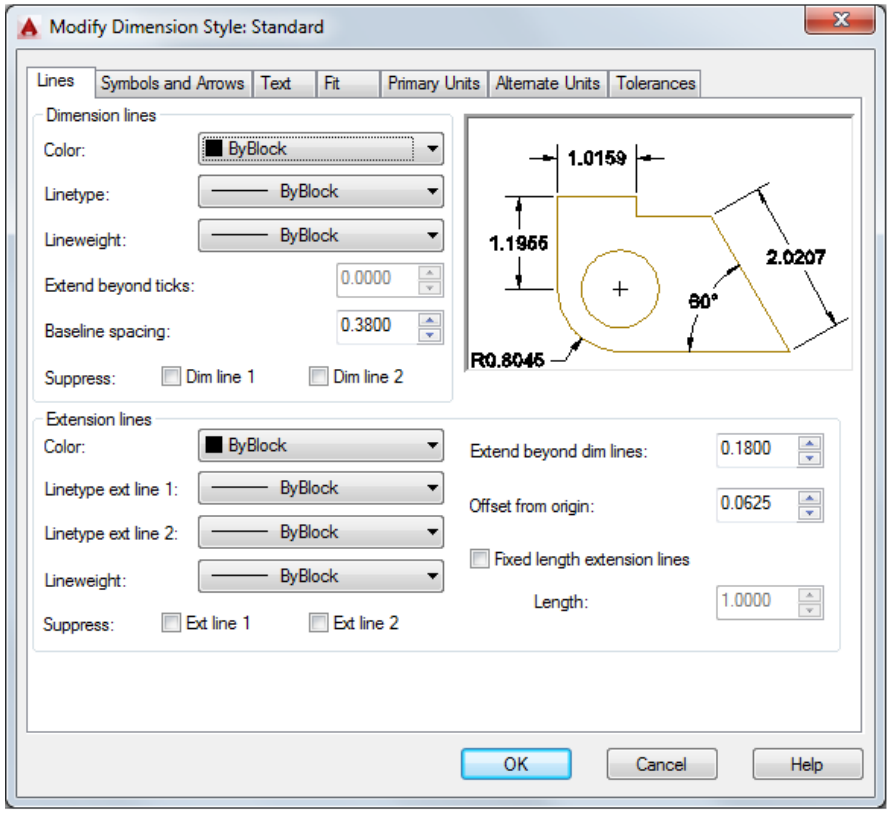


11.14.3Dimension Styles

Dimension styles ช่วยสร้างแบบมีความมาตรฐาน มีตัวแปรในการบอกขนาดของมิติมากมาย ที่สามารถตั้งค่าได้ด้วยคำสั่ง DIMSTYLE เพื่อควบคุมต่างๆ ของลักษณะและพฤติกรรมของการบอกขนาดของมิติ การตั้งค่าทั้งหมดเหล่านี้จะถูกจัดเก็บใน Dimension style ตัวอย่างชื่อ Dimension style ปัจจุบัน Hitchhiker จะปรากฏในรายการแบบ drop-down ของ Annotation panel



หากต้องการเปิด Dimension Style Manager ให้คลิกปุ่มที่ระบุ สามารถสร้าง Dimension styles ที่ตรงกับมาตรฐานที่ต้องการ แต่จะต้องใช้เวลาในการระบุอย่างสมบูรณ์ ด้วยเหตุนี้ควรบันทึก Dimension Style ในไฟล์เทมเพลตไว้ล่วงหน้า

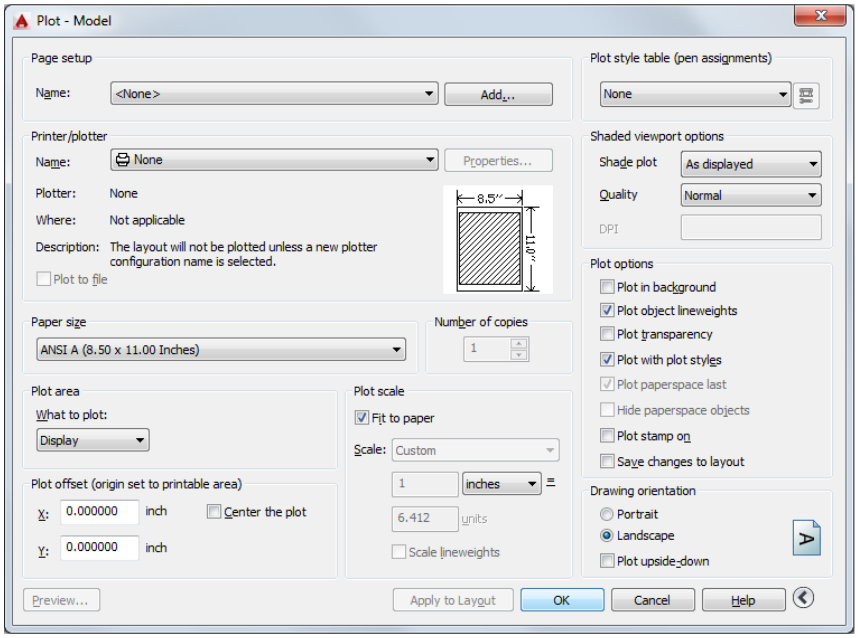


11.15 การพิมพ์ (Printing)

ผลลัพธ์ของ Drawing layout ไปยังเครื่องพิมพ์ พล็อตเตอร์ หรือไฟล์ คำสั่งเพื่อแสดงผลรูปวาดคือ PLOT และสามารถเข้าถึงได้จากแถบเครื่องมือด่วน

หากต้องการแสดงตัวเลือกทั้งหมดในกล่องโต้ตอบพล็อตให้คลิกปุ่มตัวเลือกเพิ่มเติม

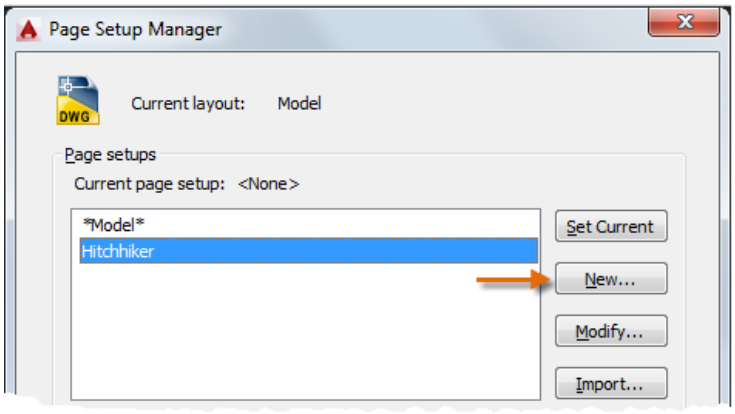
อย่างที่เห็นมีการตั้งค่าและตัวเลือกต่างๆ สำหรับการใช้งาน



เพื่อความสะดวกสามารถบันทึกและเรียกใช้การตั้งค่าหน้ากระดาษ *Page setups* ด้วยการตั้งค่าหน้ากระดาษสามารถจัดเก็บการตั้งค่าที่ต้องการสำหรับเครื่องพิมพ์ที่แตกต่างกัน การพิมพ์ในระดับสีเทา สร้างไฟล์ PDF จากแบบ และอื่นๆ

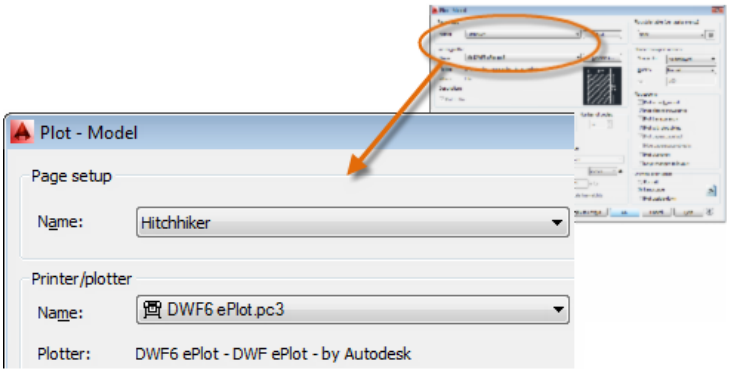
11.15.1Create a Page Setup

หากต้องการเปิด Page Setup Manager ให้คลิกขวาที่แท็บ Model หรือแท็บ Layout แล้วเลือก Page Setup Manager คำสั่งคือ PAGESETUP แต่ละแท็บ Layout



หากต้องการสร้างการตั้งค่าหน้าใหม่ให้ Click New แล้วพิมพ์ชื่อของการตั้งค่าหน้าใหม่ การตั้งค่าหน้ากระดาษกล่องโต้ตอบที่แสดงถัดไป Plot dialog box เลือกตัวเลือกและการตั้งค่าทั้งหมดที่ต้องการบันทึก

ในภาพประกอบต่อไปนี้ Plot dialog box ถูกตั้งค่าให้ใช้การตั้งค่า ซึ่งจะส่งออกไฟล์ DWF (Design Web Format) แทนที่จะพิมพ์ไปยังพล็อตเตอร์

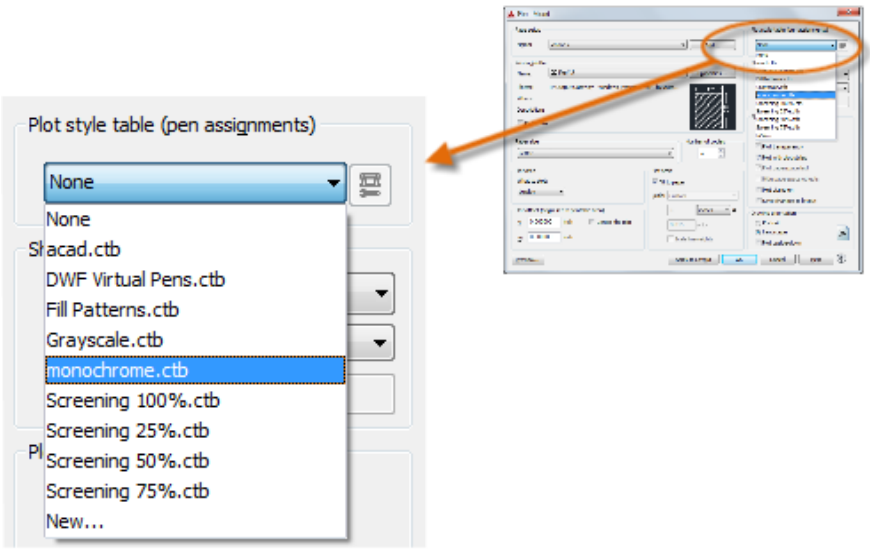


11.15.2Output to a PDF File

ตัวอย่างต่อไปนี้แสดงวิธีสร้างการตั้งค่าหน้ากระดาษสำหรับการสร้างไฟล์ PDF จากรายการ drop-down เครื่องพิมพ์/พล็อตเตอร์ให้เลือก AutoCAD PDF จากนั้นเลือกตัวเลือกขนาดและสเกลที่ต้องการใช้

- **ขนาดกระดาษ** (Paper Size) การวางแนว (แนวตั้งหรือแนวนอน) สร้างขึ้นในตัวเลือกในรายการแบบ drop-down
- **พื้นที่แปลง** (Plot Area) สามารถเลือกพื้นที่ที่จะลงจุดด้วยตัวเลือกเหล่านี้ แต่โดยปกติจะพล็อตทุกอย่าง
- **แปลงออฟเซ็ต** (Plot Offset) การตั้งค่านี้เปลี่ยนแปลงตามเครื่องพิมพ์พล็อตเตอร์หรือเอาต์พุตอื่น ๆ ลองจัดวางจุดกึ่งกลางหรือปรับต้นกำเนิด แต่จำไว้ว่าเครื่องพิมพ์และพล็อตเตอร์มีระยะขอบในตัว
- **แปลงขนาด** (Plot Scale) เลือกสเกลของพล็อตจากรายการแบบ drop-down สเกล เช่น & frac14;” = 1'-0” สำหรับการพิมพ์ตามขนาดจากแท็บ Model บนแท็บเค้าโครงปกติจะพิมพ์ในระดับ 1: 1

ตารางรูปแบบการพิมพ์ (Plot style) ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการประมวลผลสี สีที่ดูดีบนจอภาพอาจไม่เหมาะกับไฟล์ PDF หรือสำหรับการพิมพ์ ตัวอย่างเช่นอาจต้องการสร้างภาพวาดในสี แต่สร้างผลลัพธ์ขาวดำ นี่คือวิธีที่ระบุ Output เป็นโมโนโครม (Monochrome) หรือการพิมพ์ขาดดำ



ตรวจสอบการตั้งค่าอีกครั้งด้วยตัวเลือกดูตัวอย่าง (Preview)

หน้าต่างแสดงตัวอย่างผลลัพธ์จะมีแถบเครื่องมือพร้อมตัวควบคุมหลายตัวรวมถึง Plot และ Exit

หลังจากที่พอใจกับการตั้งค่าพล็อตแล้วให้บันทึกลงในการตั้งค่าหน้าด้วยชื่ออธิบายเช่น "PDF-monochrome" จากนั้นเมื่อใดก็ตามที่ต้องการส่งออกไปยังไฟล์ PDF สิ่งที่ต้องทำคือคลิกพิมพ์เลือกการตั้งค่าหน้า PDF ขาวดำและคลิกตกลง

บรรณานุกรม

จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย (2550). **พื้นฐานการเขียนแบบวิศวกรรม 2103105**. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฝ่ายวิชาการบริษัทสกายบุ๊คส์จำกัด. (2553). เรียนรู้เขียนแบบเบื้องต้นด้วยตนเอง. บริษัทสกายบุ๊คส์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

A. W. Boundy. (2011). Engineering Drawing. Eighth edition. McGraw-Hill Education. AU.

Department of Civil Engineering. (2017). Civil Engineering drawing sessional (lab manual). Ahsanullah University of Science and Technology.

Dept of Mechanical Engineering and Mechanics, Drexel University. Dimension. [online]. available : http://www.pages.drexel.edu/~rcc34/Files/Teaching/MEM201%20L5-Fa0809-SpDimensions_RC.pdf

http://eon.sdsu.edu/

http://www.bangkokluckysafe.com/detail.php?pro1=350

http://www.bkstationery.com/product-detail.php?id=157105

http://www.learners.in.th/blogs/posts/376467

http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=83600

http://www.printexpress.in.th/plot-autocad-กระดาษไข-a1/plot-autocad-กระดาษไข-a1/

http://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/drawing-compasses-vector-60810

https://aumento.officemate.co.th/

https://goldstartool.com/C-Thru_KT-8_3_French_Curve_Set.html

https://i.pinimg.com/originals/0b/62/12/0b62123e2bc836ba6a1100b4f6a288e8.jpg

https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51nrxtpJfTL.jpg

https://knowledge.autodesk.com/support/autocad

https://kts.in.th/

https://sites.google.com/site/chaowpreeya/home/7-sket-phaph

https://slideplayer.com/slide/2433554

https://th.aliexpress.com/item/32308039249.html

https://th.aliexpress.com/item/32801882223.html

https://usermanual.wiki/

https://www.3mdelivery.com/

https://www.ceet.niu.edu

https://www.graphicsdirect.co.uk/products

https://www.kirtasiyece.com/rotring-isograph-rapido-ucu-020mm

https://www.tatc.ac.th

K. Venkata Reddy. (2 0 0 8) . Textbook of Engineering Drawing. 2nd Edition. BS Publications. Giriraj Lane, Sultan Bazar, Hyderabad.

Ken Morling. (2010). Geometric and Engineering Drawing. Taylor & Francis Ltd. 3rd Edition. London, United Kingdom.

Md. Roknuzzaman, (2017). Engineering Drawing for Beginners. Department of Civil EngineeringHajee Danesh Science and Technology UniversityDinajpur, Bangladesh.

N.D.Bhatt, V.M.Panchal, Pramod R.Ingle. (2011). Engineering drawing (Plane and solid geometry). Fiftieth revised and enlarged edition:2011, Charotar publishing house pvt. Ltd. Gujarat, India.

University of Florida. (2020). Lecture 2.3 – Auxiliary and section views. University of Florida, USA.

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น