

บทที่ 4

การเขียนภาพออร์โทกราฟิก

หลังจากเข้าใจการฉายภาพออร์โทกราฟิกที่ได้นำเสนอในบทที่ 3 แล้ว เนื้อหาในบทนี้จะลงลึกเข้าไปในรายละเอียดและขั้นตอนในการเขียนภาพออร์โทกราฟิก ซึ่งหัวข้อที่จะบรรยายประกอบไปด้วยหลักในการเลือกมุมมองวัตถุ ทั้งมุมมองด้านหน้า ด้านข้าง (ซ้าย-ขวา) หรือด้านบน ระบบการฉายภาพออร์โทกราฟิก ขั้นตอนในการเขียนภาพออร์โทกราฟิก และหัวข้อปลีกย่อยที่ควรรู้ เช่น หลักการลงขนาดเบื้องต้น และสิ่งที่จะเกิดขึ้นเมื่อพื้นผิวสองผิวสัมผัสหรือตัดซึ่งกันและกัน

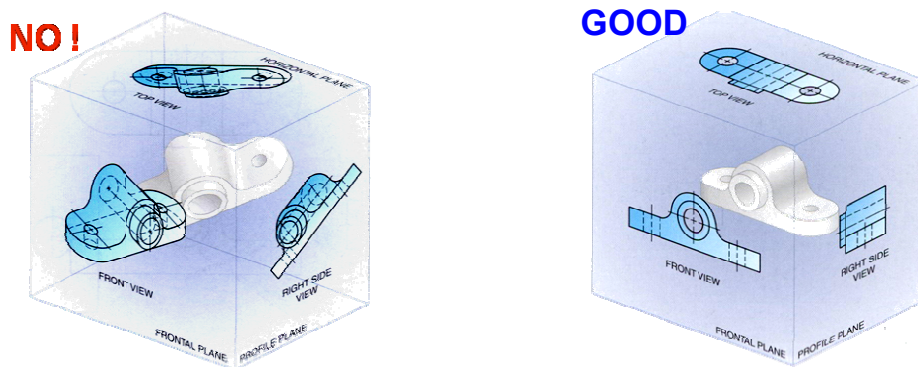
4.1 ขั้นตอนการเลือกมุมมองวัตถุ

ขั้นตอนในการเลือกมุมมองวัตถุก่อนที่จะวาดภาพออร์โทกราฟิกจะเริ่มจากเลือกลักษณะการวางตัวของวัตถุ จากนั้นให้เลือกมุมมองที่ดีที่สุดสำหรับมุมมองด้านหน้า (front view) ต่อไปค่อยเลือกมุมมองด้านข้างเคียง ซึ่งอาจจะเป็นมุมมองด้านบน (top view) หรือด้านข้าง (side view) ก็ได้

- ขั้นตอนที่ 1 การเลือกลักษณะการวางตัวของวัตถุ

ในบทที่ 3 ได้อธิบายการใช้กล่องแก้วในการสร้างภาพออร์โทกราฟิก โดยจะเริ่มจากการนำวัตถุที่ต้องการฉายภาพใส่เข้าไปในกล่องแก้ว แล้วจินตนาการว่าเดินไปรอบ ๆ กล่อง จากนั้นวาดภาพที่เห็นลงไปบนผนังกล่องแล้วคลี่ออกก็จะได้ภาพออร์โทกราฟิกตามต้องการ แต่ในขั้นตอนที่ 1 นี้จะกล่าวเน้นในเรื่องของการนำวัตถุใส่ลงไปในกล่องแก้ว ซึ่งหลักการก็คือเมื่อใส่วัตถุเข้าไปในกล่องแก้วแล้ววัตถุควรจะอยู่ในตำแหน่งธรรมชาติของตัวเอง และต้องแสดงขนาดและรูปร่างที่แท้จริงของตัวเองเมื่อฉายภาพออร์โทกราฟิกแล้ว เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้นให้พิจารณาตัวอย่างในรูปที่ 4.1 ประกอบ จากรูปจะเห็นได้ว่าถ้านำวัตถุใส่ในกล่องแก้วในลักษณะเอียงแปลก ๆ ดังแสดงในรูปซ้ายมือของรูปที่ 4.1 แล้ว ภาพฉายที่ได้จะไม่สามารถเห็นรูปร่างที่แท้จริงของวัตถุได้ และไม่สามารถ

ใช้ไม้บรรทัดในการวัดขนาดของวัตถุจากรูปได้ด้วย เนื่องจากขอบของวัตถุนั้นเอียงแบบ oblique (ทบทวนลักษณะของเส้น oblique ใต้ในบทที่ 3) ดังนั้นขอบของวัตถุที่ปรากฏบนผนังกล่องจึงสั้นกว่าความเป็นจริง แต่ถ้าวางวัตถุในลักษณะที่แสดงในรูปด้านขวาของรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าเราสามารถเห็นรูปร่างหน้าตาของวัตถุได้ชัดเจนขึ้น เช่น ในภาพด้านหน้าก็จะเห็นวัตถุคล้ายกับทรงกระบอกที่มีรูและมีวัตถุลักษณะคล้ายปีกยื่นออกไปทั้งสองข้างด้าน อีกทั้งเมื่อมองจากด้านบนก็จะเห็นว่าปลายปีกที่ยื่นไปมีลักษณะโค้งมนและมีรูด้วย และข้อดีอีกประการหนึ่งของการวางวัตถุในลักษณะนี้คือ เราสามารถใช้ไม้บรรทัดวัดขนาดของวัตถุได้โดยตรงเนื่องจากขอบวัตถุนั้นวางตัวในลักษณะของเส้น normal line ซึ่งภาพของเส้นที่ได้ก็จะมีขนาดความยาวที่ตรงตามความเป็นจริง

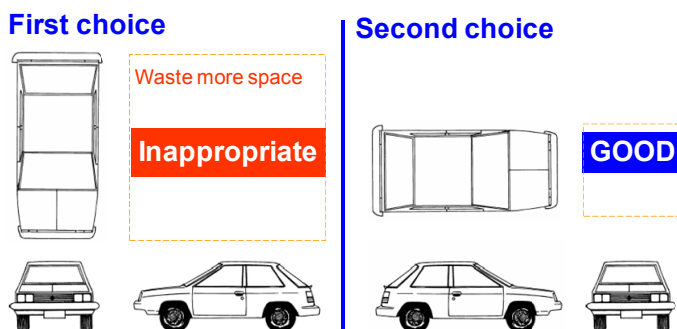


รูปที่ 4.1 การวางวัตถุให้มีลักษณะที่เหมาะสมในกล่องแก้ว

- ขั้นตอนที่ 2 การเลือกมุมมองด้านหน้า (front view)

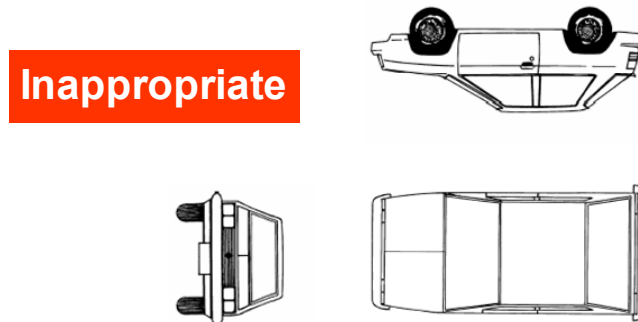
การเลือกมุมมองที่จะให้เกิดภาพด้านหน้านั้นมีเงื่อนไขที่ช่วยพิจารณา 3 ข้อด้วยกัน

1. ให้เลือกด้านที่มีความยาวที่สุดมาเป็นความกว้างในภาพด้านหน้า ดังแสดงในรูปที่ 4.2 จากรูปจะเห็นว่าถ้าเลือกเอาด้านหน้ารถมาเป็นภาพด้านหน้าของการสร้างภาพออโรกราฟิก ภาพด้านบนที่ได้จะมีลักษณะรูปที่สูงซึ่งทำให้สูญเสียพื้นที่ในการวาดรูปเป็นอย่างมาก แต่ถ้าเลือกด้านข้างของรถ (ซึ่งเป็นด้านที่มีความยาวมากที่สุด) มาเป็นภาพด้านหน้า ผลลัพธ์ที่ได้ก็คือภาพออโรกราฟิกที่เหมาะสมดังแสดงในรูป



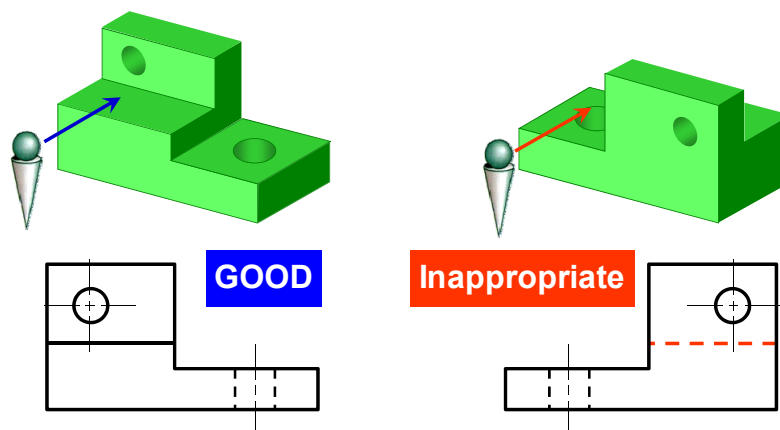
รูปที่ 4.2 เลือกส่วนที่มีความยาวมากที่สุดเป็นความกว้างในรูปด้านหน้า

2. ภาพด้านข้างที่ได้จากการเลือกมุมมองด้านหน้าต้องวางตัวอยู่ในลักษณะที่เป็นธรรมชาติ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 จากรูปแสดงตัวอย่างการเลือกภาพหลังการถเป็นภาพด้านหน้า (ทำตามเงื่อนไขข้อแรกคือเลือกด้านที่มีความยาวมากที่สุดเป็นภาพด้านหน้า) แต่จะเห็นว่าถ้าเลือกเช่นนี้แล้วภาพด้านข้างที่เกิดขึ้นหรือแม้แต่ภาพด้านบนจะปรากฏเป็นรูปรถที่เอียงข้างหรือตีลังกากลางด้านซึ่งเป็นภาพที่ไม่เป็นธรรมชาติ ดังนั้นการเลือกเอาภาพหลังการถเป็นภาพด้านหน้าจึงไม่เหมาะสม



รูปที่ 4.3 การเลือกภาพด้านหน้าที่ไม่เหมาะสมเพราะทำให้ภาพด้านข้างไม่เป็นธรรมชาติ

3. ภาพด้านหน้าที่เลือกควรมีเส้นปรากฏอยู่น้อยที่สุด รูปที่ 4.4 แสดงตัวอย่างการเลือกมุมมองสำหรับภาพด้านหน้าโดยมีให้เลือก 2 แบบด้วยกัน ซึ่งจากภาพฉายที่ได้จะเห็นว่าภาพด้านซ้ายมีเส้นประน้อยกว่าจึงควรเลือกมุมมองด้านนี้เป็นมุมมองด้านหน้า ส่วนสาเหตุที่ต้องเลือกภาพที่มีเส้นประน้อย ๆ ก็เพราะว่าถ้าภาพที่เห็นมีเส้นประ ผู้อ่านภาพต้องคอยตีความว่าเส้นประดังกล่าวคืออะไร? เป็นพื้นผิวอะไร? ทำให้เข้าใจภาพที่เห็นได้ยากขึ้น และการลากเส้นประก็ไม่สะดวกเท่ากับการลากเส้นธรรมดาด้วย

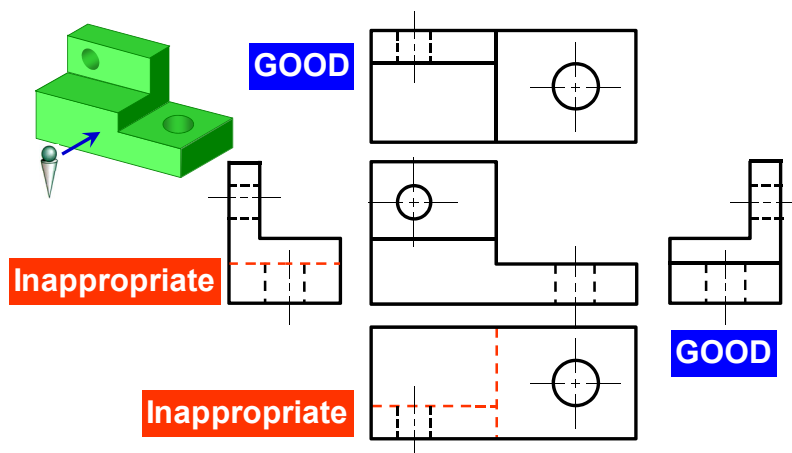


รูปที่ 4.4 การเลือกภาพด้านหน้าให้มีเส้นประน้อยที่สุด

- **ขั้นตอนที่ 3** การเลือกภาพด้านข้าง (adjacent view)

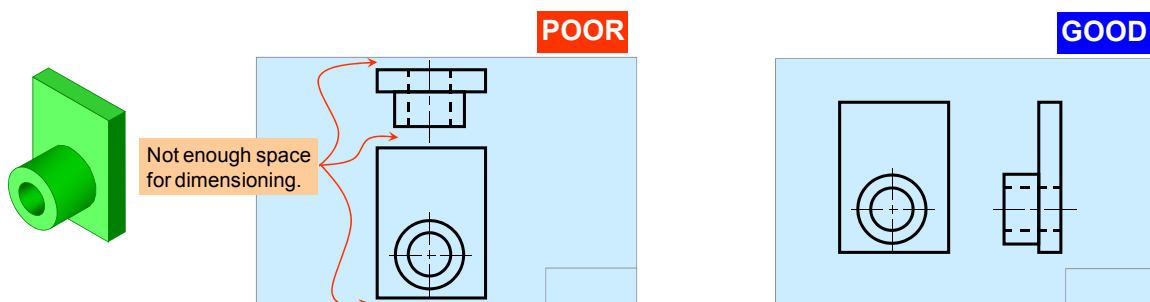
จากตัวอย่างของการสร้างภาพออโรกราฟิกด้วยกล้องแก้ว จะเห็นว่าภาพด้านข้างไม่ได้จำกัดแต่ภาพด้านซ้ายหรือด้านขวาเท่านั้น แต่อาจเป็นภาพด้านบนหรือด้านล่างก็ได้ โดยในขั้นตอนที่ 3 นี้ก็จะเสนอหลักในการเลือกภาพด้านข้าง ซึ่งมีเงื่อนไขในการพิจารณา 3 ข้ออีกเช่นกันคือ

1. เลือกมุมมองด้านข้างที่ทำให้ภาพมีเส้นประน้อยที่สุด จากรูปที่ 4.5 ซึ่งแสดงภาพด้านข้างที่เป็นไปได้ทั้งหมดของวัตถุตัวอย่าง (ภาพด้านหน้าจะอยู่ตรงกลาง ส่วนภาพด้านข้างนั้นมีภาพด้านซ้าย ด้านขวา ด้านบนและด้านล่าง) จากรูปก็จะเห็นได้ว่าถ้าพิจารณาตามเงื่อนไขในข้อนี้ ภาพด้านข้างที่เหมาะสมก็คือภาพด้านขวาและภาพด้านบนเพราะมีเส้นประน้อยกว่า



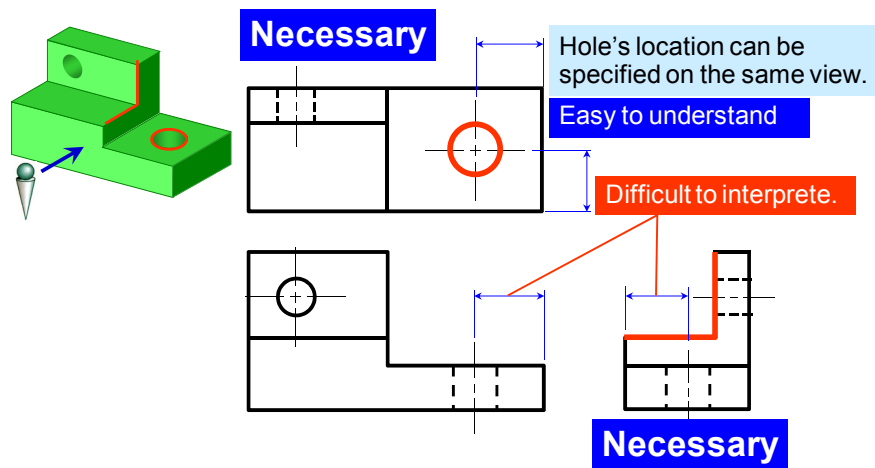
รูปที่ 4.5 การเลือกภาพด้านข้างที่มีเส้นประน้อยที่สุด

2. เลือกมุมมองด้านข้างที่เมื่อวาดแล้วเหมาะสมกับกระดาษ พิจารณาวัตถุตัวอย่างในรูปที่ 4.6 ถ้าเลือกวาดภาพด้านหน้าและด้านบนของวัตถุนั้นกระดาษในแนวนอน จะพบว่าเหลือช่องว่างด้านบนและล่างระหว่างรูปกับขอบกระดาษน้อยมาก ทำให้การบอกขนาดวัตถุทำได้ลำบาก แต่ถ้าเปลี่ยนไปเลือกวาดภาพด้านหน้าและด้านขวาแทนจะเห็นได้ว่าภาพที่ได้เหมาะสมกับแนวกระดาษมากยิ่งขึ้น และมีที่ว่างเหลือพอสำหรับการบอกขนาดด้วย



รูปที่ 4.6 การเลือกภาพด้านข้างให้เหมาะสมกับแนวของกระดาษ

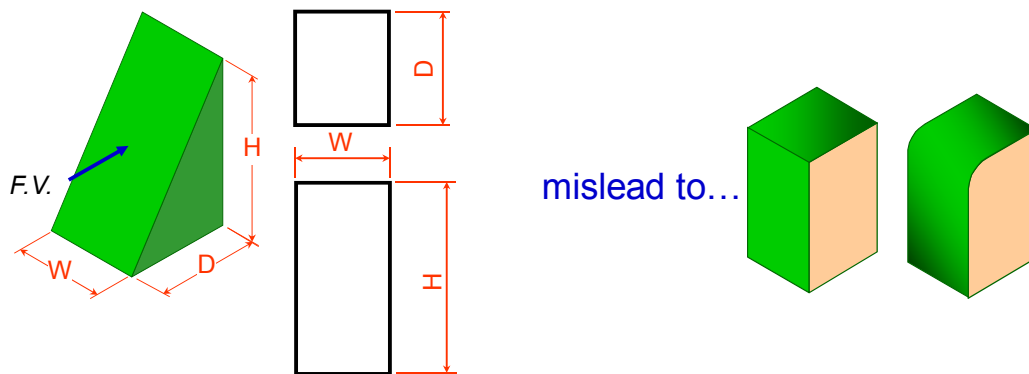
3. จำนวนภาพด้านข้างที่วาดควรมีจำนวนน้อยที่สุดแต่ต้องพอเพียงพอต่อการแสดงรูปร่างหน้าตาของวัตถุด้วย จากรูปตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4.7 จะเห็นว่ารูปร่างที่คล้ายพนักพิงด้านหลังของวัตถุซึ่งทำให้วัตถุมีลักษณะคล้ายตัวแอลนั้น (ดังที่แสดงด้วยเส้นขอบสีแดง) จำเป็นต้องใช้มุมมองด้านขวาเพื่อให้ผู้อ่านแบบได้เห็นว่าวัตถุมีลักษณะอีกด้านที่คล้ายตัวแอลด้วย ส่วนรูวงกลมที่อยู่บนวัตถุนั้นก็ต้องอาศัยภาพด้านบนเพื่อที่จะแสดงได้ชัดเจนว่าเส้นประที่ปรากฏบนภาพอื่น ๆ นั้นคือรูวงกลม อีกทั้งภาพที่เห็นรูวงกลมนี้ยังสามารถที่จะบอกตำแหน่งของรูได้สะดวกกว่าด้วย เพราะสามารถบอกบนภาพเดียวกันได้ดังแสดงในรูปที่ 4.7 ดังนั้นจากตัวอย่างนี้เราจำเป็นต้องวาดภาพทั้งหมด 3 รูปด้วยกันเพื่อให้เพียงพอต่อการอธิบายรูปร่างของวัตถุ แต่ในบางกรณีการวาดเพียง 2 รูปก็เพียงพอแล้ว หรือในกรณีเฉพาะจริง ๆ อาจวาดเพียงรูปเดียวก็ได้



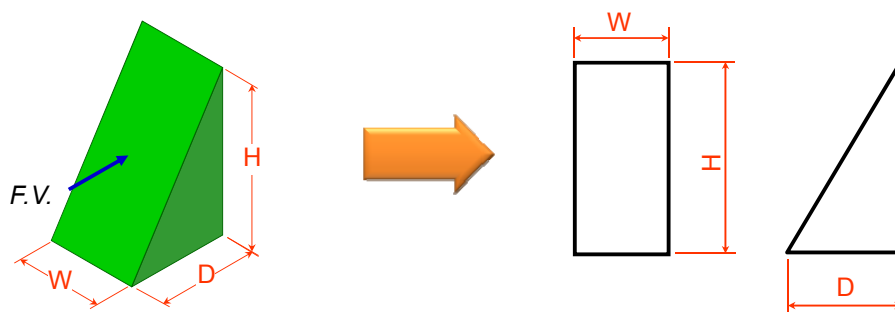
รูปที่ 4.7 การเลือกภาพด้านข้างเพื่อแสดงรูปร่างลักษณะของวัตถุได้ครบถ้วน

ข้อพิจารณาอีกอย่างที่ผู้เรียนสามารถนำมาช่วยในการเลือกภาพด้านข้างที่เหมาะสมก็คือ ภาพด้านข้างที่เลือกนั้นต้องสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับ “ขนาด” และ “รูปร่าง” ของวัตถุได้ครบถ้วน สำหรับข้อมูลเรื่องขนาดนั้น โดยปกติแล้วการวาดภาพเพียง 2 ภาพ เช่นภาพด้านหน้าและภาพด้านข้างของวัตถุก็เพียงพอต่อการบอกขนาดของวัตถุสามมิติได้แล้ว (ข้อมูลกว้าง-สูงจากภาพด้านหน้า และข้อมูลลึก-สูงจากภาพด้านข้าง) แต่อาจจะไม่ครอบคลุมข้อมูลเรื่องรูปร่างก็ได้ ผู้เรียนจึงต้องพิจารณาข้อกำหนดทั้งสองอย่างนี้ไปพร้อม ๆ กันเมื่อต้องการเลือกภาพด้านข้างของวัตถุ และเพื่อให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น ขอยกตัวอย่างวัตถุรูปทรงปริซึมสามเหลี่ยมดังที่แสดงในรูปที่ 4.8 จากรูปถ้ากำหนดให้ทิศทางหัวลูกศรเป็นทิศทางในการวาดภาพด้านหน้าก็จะได้ภาพด้านหน้าที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งจะให้ข้อมูลความกว้างและความสูงของวัตถุ จากนั้นถ้าเราเลือกแสดงภาพด้านบนก็จะได้ข้อมูลความลึกเพิ่มมาอีกหนึ่งอย่างซึ่งจะสามารถบอกขนาดของวัตถุได้แล้ว แต่จากรูปที่เลือก

อาจทำให้ผู้อ่านแบบเข้าใจผิดไปได้ว่าวัตถุนั้นคือปริซึมสี่เหลี่ยมหรือปริซึมสี่เหลี่ยมที่ถูกกลมมุมดังแสดงในรูปที่ 4.8 ดังนั้นการวาดภาพด้านข้างของวัตถุนี้เพิ่มเติมจึงมีความจำเป็นเพราะจะช่วยให้ผู้อ่านแบบสามารถรู้ได้ทันทีว่าวัตถุนั้นคือปริซึมสามเหลี่ยม อีกทั้งการวาดภาพด้านข้างก็จะให้ข้อมูลด้านความลึกอยู่แล้วด้วย ดังนั้นภาพที่จำเป็นจริง ๆ สำหรับการสื่อสารข้อมูลเกี่ยวกับขนาดและรูปร่างของวัตถุสำหรับตัวอย่างนี้คือ 2 ภาพ (ภาพด้านหน้า และภาพด้านขวา) ดังแสดงในรูปที่ 4.9

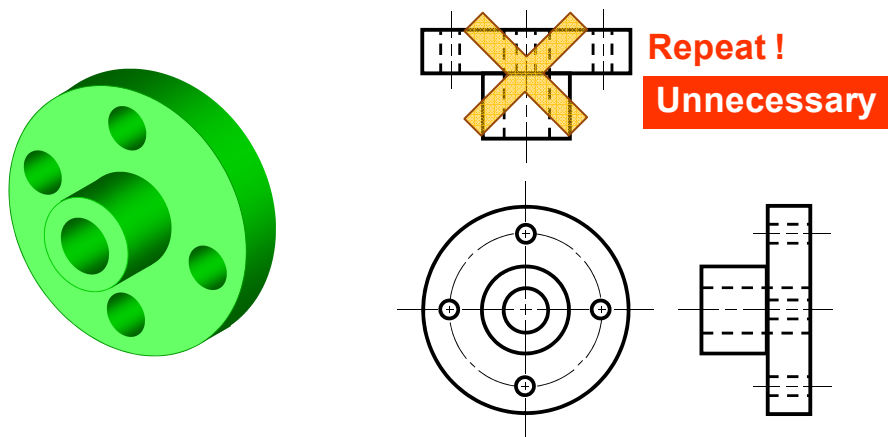


รูปที่ 4.8 การเลือกภาพด้านข้างที่ไม่เหมาะสมทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่างไม่ครบถ้วน



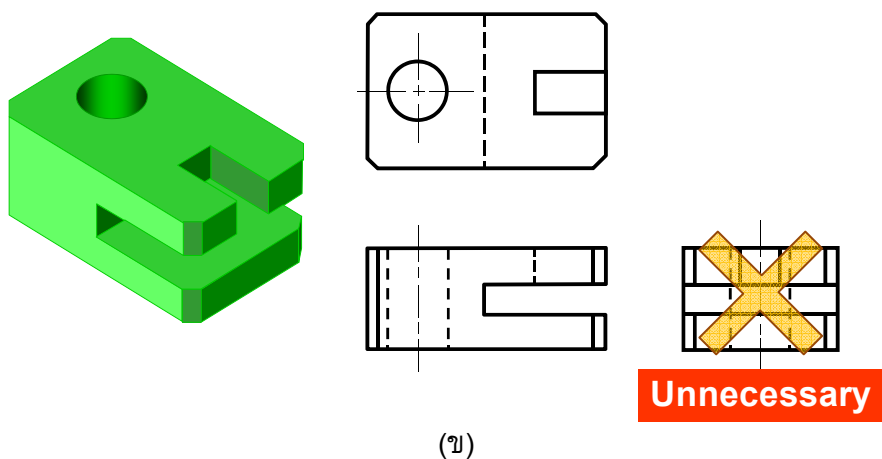
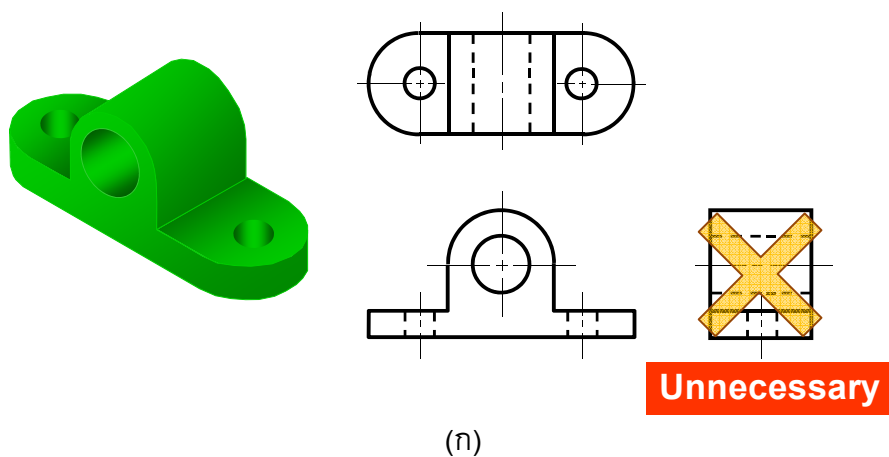
รูปที่ 4.9 การเลือกภาพด้านข้างที่เหมาะสมจะทำให้ได้ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับขนาดและรูปร่าง

จากตัวอย่างปริซึมสามเหลี่ยมจะเห็นว่าสำหรับวัตถุบางชนิดแล้ว การแสดงภาพออร์โทกราฟิกเพียงสองรูปก็สามารถให้ข้อมูลทั้งขนาดและรูปร่างได้ครบถ้วน ซึ่งในส่วนถัดไปจะขอ ยกตัวอย่างรูปวัตถุที่สามารถใช้รูปออร์โทกราฟิกเพียงสองรูปในการบอกขนาดและรูปร่างได้เพิ่มเติม รูปที่ 4.10 แสดงตัวอย่างของวัตถุที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกสองขนาดซ้อนกัน ซึ่งภาพด้านหน้าก็จะเห็นเป็นรูปวงกลมสองวงซ้อนกันและมีรูเจาะขนาดเล็ก ๆ อยู่โดยรอบ ส่วนภาพด้านข้างนั้นถ้าเลือกวาดทั้งภาพด้านขวาและภาพด้านบน จะพบว่าภาพทั้งสองนี้ซ้ำกันและไม่ได้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมจากอีกรูปหนึ่งเลย กรณีเช่นนี้เลือกวาดเพียงรูปเดียวก็พอ ดังนั้นรูปออร์โทกราฟิกสุดท้ายอาจเป็นภาพด้านหน้ากับด้านขวา หรือภาพด้านหน้ากับภาพด้านบนก็ได้



รูปที่ 4.10 วัตถุที่มีภาพด้านข้างซ้ำซ้อนกันและสามารถเลือกเพียงรูปเดียวได้

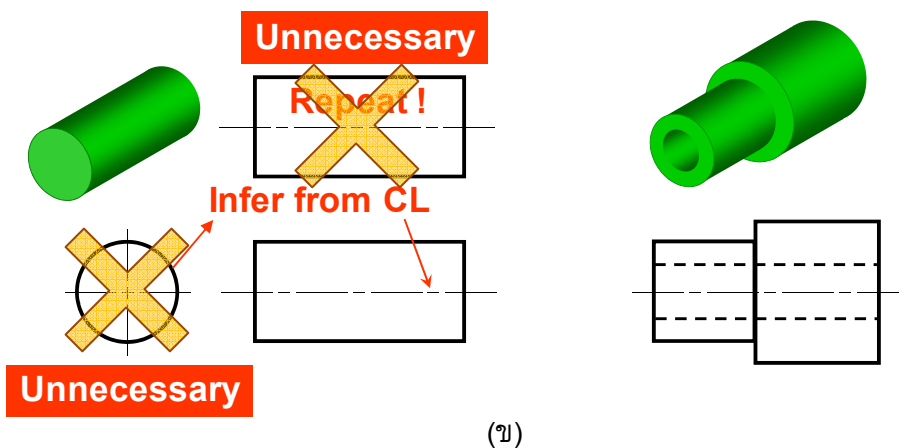
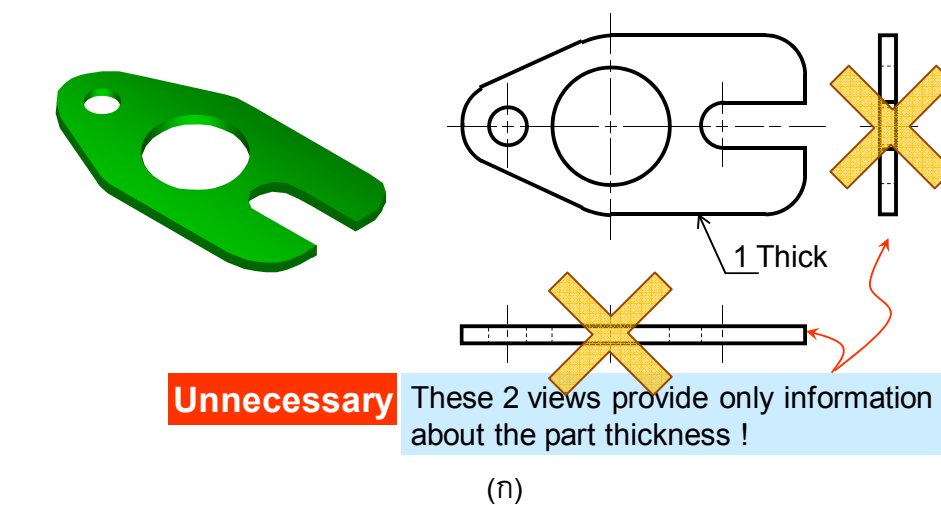
ตัวอย่างถัดไปก็เป็นวัตถุที่ควรวาดเพียง 2 ภาพเช่นเดียวกัน แต่ไม่ใช่ด้วยสาเหตุที่ภาพที่ 3 นั้นซ้ำซ้อนกับภาพที่มีอยู่ก่อนแล้ว แต่เนื่องจากการวาดภาพที่ 3 นั้นไม่สามารถให้ข้อมูลอะไรเพิ่มเติมเลย (ข้อมูลเกี่ยวกับขนาดและรูปร่าง) กรณีเช่นนี้จึงควรวาดเพียง 2 ภาพก็พอ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4.11ก-ข



รูปที่ 4.11 ตัวอย่างวัตถุที่ใช้เพียงสองภาพในการสื่อความหมาย

จากตัวอย่างในรูปที่ 4.11ก จะเห็นว่ารูปด้านขวาที่วาดจะให้ข้อมูลเพียงความลึกของวัตถุเท่านั้น ซึ่งข้อมูลดังกล่าวก็สามารถได้รับจากภาพด้านบนเช่นเดียวกัน และภาพด้านขวานี้ก็ไม่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่างของวัตถุนี้เลย (ไม่ได้ให้ข้อมูลว่าวัตถุนี้มีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีรูเจาะ มีปลายที่ยื่นออกมาในลักษณะที่เหมือนปีก และปลายปีกยังมีรูเจาะด้วย) ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องวาดภาพนี้ เช่นเดียวกับภาพตัวอย่างในรูปที่ 4.11ข

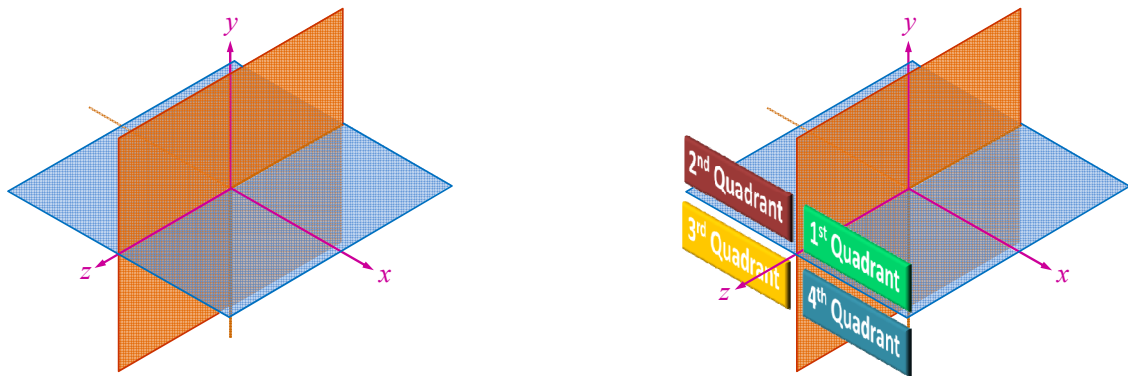
ส่วนรูปที่สามารถวาดเพียงรูปเดียวได้นั้นก็จะเป็นวัตถุที่มีลักษณะเป็นแผ่นบาง หรือเป็นวัตถุทรงกระบอกธรรมดา ดังแสดงในรูปที่ 4.12ก-ข จากรูปจะเห็นว่าถ้าวัตถุเป็นแผ่นบาง (รูปที่ 4.12ก) ภาพด้านขวาหรือภาพด้านล่างของวัตถุจะให้ข้อมูลความหนาเท่านั้นไม่สามารถเห็นรูปร่างของวัตถุได้ ดังนั้นเราสามารถวาดภาพด้านหน้าเพียงรูปเดียวแล้วเพิ่มความเพื่อบอกความหนาต่างหากได้ ส่วนวัตถุที่เป็นทรงกระบอกธรรมดา (รูปที่ 4.12ข) จะเห็นว่าภาพด้านหน้าและภาพด้านบนจะซ้ำกันจึงไม่จำเป็นต้องวาดภาพด้านบนก็ได้ และเนื่องจากเป็นทรงกระบอกภาพด้านหน้าจึงต้องแสดงเส้น center line เพื่อแสดงแกนทรงกระบอก ดังนั้นภาพด้านซ้ายก็ไม่จำเป็นอีกเช่นกัน เพราะเมื่อผู้อ่านแบบเห็นเส้น center line แล้วก็จะทราบว่ารูปนี้เป็นทรงกระบอก



รูปที่ 4.12 ตัวอย่างวัตถุที่สามารถใช้เพียงภาพเดียวในการสื่อความหมาย

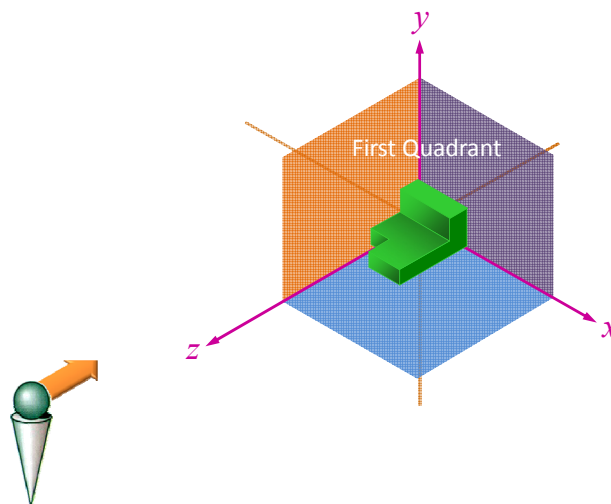
4.2 ระบบการฉายภาพออร์โธกราฟิก

ระบบการฉายภาพออร์โธกราฟิกในงานเขียนแบบวิศวกรรมในโลกนี้มีด้วยกัน 2 ระบบ คือระบบ first angle และระบบ third angle โดยระบบ first angle จะนิยมใช้ในประเทศที่อยู่ในทวีปยุโรป ส่วนระบบ third angle จะใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา ญี่ปุ่น เป็นต้น ส่วนประเทศไทยนั้นใช้ระบบเหมือนประเทศญี่ปุ่นคือระบบ third angle นั้นเอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจในระบบการฉายภาพทั้งสองแบบ ให้ผู้เรียนพิจารณารูปที่ 4.13 ที่แสดงแกนหลัก x , y และ z ในสามมิติ พร้อมกับระนาบนอน (ระนาบ xz) และระนาบตั้ง (ระนาบ yz) ซึ่งทั้งสองระนาบนี้จะแบ่งบริเวณในสามมิติออกเป็น 4 ส่วนคือ quadrant ที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ (เรียกตามระบบพิกัดฉากที่เรียนในสมัยมัธยม)



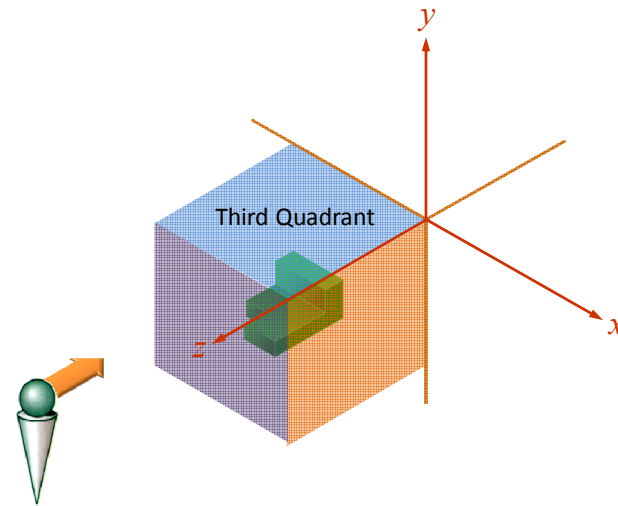
รูปที่ 4.13 แกนหลักและระนาบที่แบ่งบริเวณในสามมิติออกเป็น 4 ส่วน

การฉายภาพด้วยระบบ first angle จะนำวัตถุไปวางไว้ในบริเวณ quadrant ที่ 1 โดยมีผู้สังเกตมองกลับมาในแนวแกน z แล้วใช้ระนาบนอนและตั้งที่มีอยู่เป็นฉากรับภาพ โดยเพิ่มฉากรับภาพทางด้านหลังของวัตถุอีก 1 ระนาบ (ระนาบ xy) ดังแสดงในรูปที่ 4.14 เมื่อสังเกตให้ดีจะเห็นว่าการฉายภาพระบบนี้วัตถุจะอยู่ระหว่างผู้สังเกตกับฉากรับภาพ



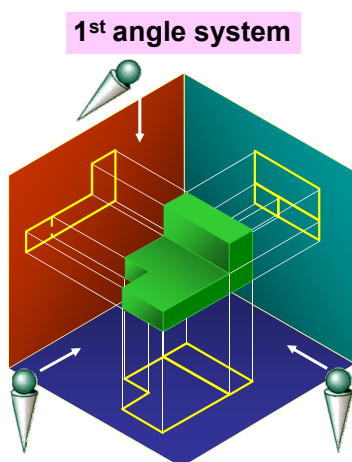
รูปที่ 4.14 ตำแหน่งของวัตถุเมื่อฉายภาพในระบบ first angle

ส่วนการฉายภาพในระบบ third angle นั้นจะนำวัตถุไปวางไว้ใน quadrant ที่ 3 โดยผู้สังเกตอยู่ ณ ตำแหน่งเดิม แล้วใช้ระนาบเช่นเดียวกับในระบบ first angle เป็นฉากรับภาพ โดยเพิ่มระนาบตั้ง ด้านหน้าวัตถุเป็นฉากรับภาพอีก 1 อัน ในกรณีของระบบ third angle นี้ฉากรับภาพจะอยู่ระหว่างผู้สังเกตกับวัตถุ ดังแสดงในรูปที่ 4.15

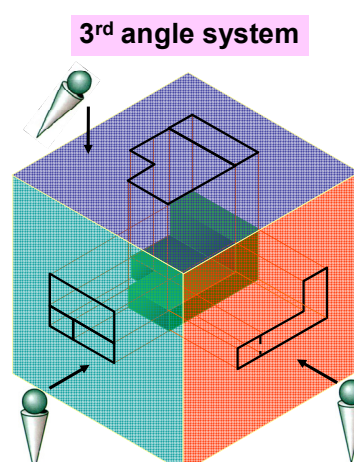


รูปที่ 4.15 ตำแหน่งของวัตถุเมื่อฉายภาพในระบบ third angle

ย้อนกลับไปทีกระบบฉายภาพแบบ first angle อีกครั้ง ภาพที่ผู้สังเกตเห็นในด้านหน้าจะไปปรากฏบนฉากรับภาพที่อยู่ด้านหลังของวัตถุ และเมื่อผู้สังเกตเดินไปทางด้านขวาเพื่อดูภาพของวัตถุ ภาพนั้นจะไปปรากฏบนฉากรับภาพด้านข้าง (ซึ่งอยู่หลังวัตถุอีกเช่นเดียวกัน) ส่วนภาพวัตถุด้านบนก็จะไปปรากฏบนฉากรับภาพด้านล่างดังแสดงในรูปที่ 4.16ก แต่การฉายภาพในระบบ third angle นั้นจะเหมือนกับการฉายภาพโดยใช้กล้องแก้วที่ได้อธิบายไปแล้วในบทที่ 3 นั่นคือภาพฉายที่ได้จะมาปรากฏบนฉากรับภาพที่อยู่ระหว่างผู้สังเกตกับวัตถุดังแสดงในรูปที่ 4.16ข



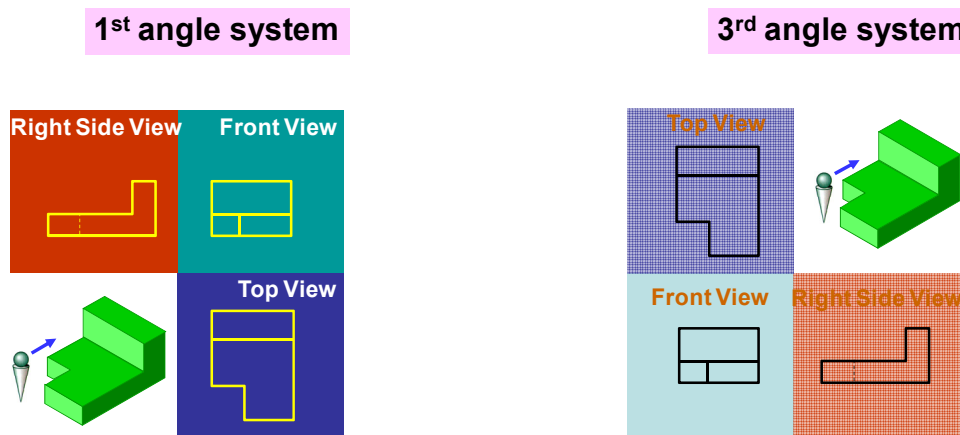
(ก) การฉายภาพในระบบ first angle



(ข) การฉายภาพในระบบ third angle

รูปที่ 4.16 การฉายภาพในระบบ first angle และ third angle

เมื่อคลี่กล่องดังที่แสดงในรูปที่ 4.16ก-ข ออก โดยยึดภาพฉายด้านหน้าไว้เป็นหลักแล้วคลี่ผนังกล่องด้านอื่นจนได้ระนาบเดียวกับภาพด้านหน้าก็จะได้ภาพฉายออร์โทกราฟิกของระบบ first angle และ third angle ตามต้องการ รูปที่ 4.17 แสดงความแตกต่างระหว่างการฉายภาพในสองระบบนี้ ถ้าสังเกตให้ดีจะเห็นว่าภาพที่วาดนั้นมีความเหมือนกันทั้งสามภาพ เพียงแต่ตำแหน่งการวางภาพต่างกันเท่านั้น นั่นคือในกรณีของ first angle เมื่อยึดภาพด้านหน้าเป็นหลักแล้ว ภาพที่มองเห็นทางด้านบนจะวาดอยู่ด้านล่างของภาพด้านหน้า และภาพที่เห็นเมื่อมองจากด้านขวาจะถูกวางทางด้านซ้ายของภาพด้านหน้า ส่วนการฉายภาพแบบ third angle นั้นเมื่อยึดภาพด้านหน้าเป็นหลัก ภาพที่มองเห็นทางด้านบนก็จะถูกวาดอยู่ด้านบนของภาพด้านหน้า เช่นเดียวกับภาพที่เห็นจากทางด้านขวาก็จะถูกวางอยู่ด้านขวาของภาพด้านหน้า

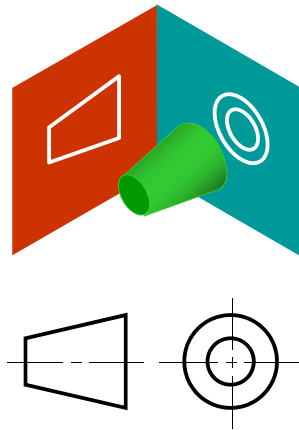


รูปที่ 4.17 ภาพออร์โทกราฟิกจากระบบการฉายภาพแบบ first angle และ third angle

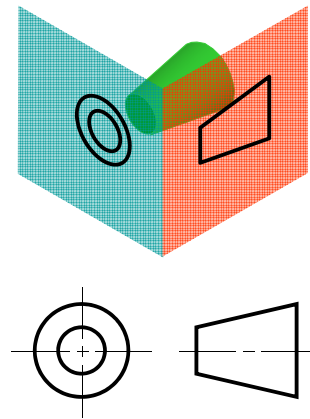
ตำแหน่งการวางภาพในระบบ third angle นี้ทำให้ผู้อ่านแบบสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย แม้แต่คนที่ไม่ได้เรียนหลักการฉายภาพมาก่อนเลย เพราะภาพถูกวางในตำแหน่งที่ไม่ฝืนความรู้สึกของคนอ่านและยังสามารถกวาดสายตาไปยังภาพข้างเคียงเพื่อหาข้อมูลได้ไม่ยากอีกด้วย ส่วนการฉายภาพในระบบ first angle นั้นเกิดขึ้นก่อนระบบ third angle โดยนักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสที่ชื่อ Gaspard Monge (1746–1818) ผู้ซึ่งคิดค้นทฤษฎีที่เป็นที่มาของหลักการฉายภาพ และเหตุผลหนึ่งที่นักคณิตศาสตร์นิยมเลือก quadrant ที่ 1 ในการฉายภาพก็คือข้อมูลที่อยู่ใน quadrant นี้มีค่าเป็นบวกทั้งหมด ทำให้การฉายภาพในระบบนี้เป็นที่นิยมในหมู่นักคณิตศาสตร์และในทวีปยุโรปที่เป็นต้นกำเนิดของหลักการฉายภาพนี้มาจนถึงปัจจุบัน ดังนั้นผู้เรียนจึงควรทำความเข้าใจกับระบบการฉายภาพทั้งสองระบบนี้ เพราะเป็นไปได้ที่จะพบการฉายภาพระบบใดระบบหนึ่งเมื่อออกไปทำงานในฐานะวิศวกร อย่างไรก็ดีเพื่อให้ผู้อ่านแบบสามารถทราบล่วงหน้าได้ก่อนว่าตนเองกำลังอ่านแบบที่เขียนจากการฉายภาพระบบใดอยู่ จึงมีการกำหนดให้ใส่สัญลักษณ์บางอย่างลงในงานเขียนแบบเพื่อ

บ่งบอกว่างานเขียนแบบนั้นใช้ระบบการฉายภาพแบบใด โดยสัญลักษณ์ที่ใช้นั้นได้แสดงในรูปที่ 4.18 ซึ่งเป็นการนำเอารายที่ถูกตัดยอดมาฉายภาพด้วยระบบ first และ third angle ตามลำดับนั่นเอง ดังนั้นทุกครั้งที่คุณเรียนเขียนภาพออโรกราฟิกต้องแสดงสัญลักษณ์กำกับด้วยเสมอว่าภาพที่ตนเองวาดนั้นใช้ระบบใด ซึ่งในวิชาเขียนแบบนี้จะใช้ระบบการฉายภาพแบบ third angle เท่านั้น

First angle system



Third angle system



รูปที่ 4.18 สัญลักษณ์ของระบบการฉายภาพแบบ first angle และ third angle

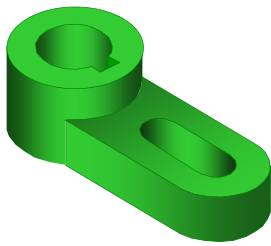
4.3 ขั้นตอนการเขียนภาพออโรกราฟิก

ในหัวข้อที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นขั้นตอนที่ผู้วาดจะได้นำความรู้ที่อยู่ในตอนต้นของบท เช่นหลักการในการเลือกภาพด้านหน้า การเลือกภาพด้านข้างและจำนวนภาพที่ต้องการสำหรับการเขียนภาพออโรกราฟิก โดยหลักการที่แนะนำให้ปฏิบัติมีดังนี้

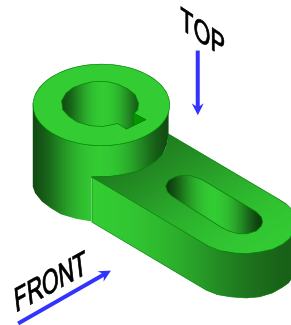
1. เลือกจำนวนภาพที่เหมาะสม เช่น วัตถุที่ต้องการวาดนี้ต้องการภาพทั้งหมดสามภาพ คือ ภาพด้านหน้า-ด้านขวา-ด้านบน หรืออาจจะต้องการเพียงสองภาพเท่านั้น คือ ภาพด้านหน้า-ด้านบน หรือภาพด้านหน้า-ด้านข้าง เป็นต้น
2. คำนวณพื้นที่ ๆ ต้องใช้ในการเขียนแบบ แล้วจัดให้พื้นที่ดังกล่าวได้ตำแหน่งที่เหมาะสมบนกระดาษเขียนแบบ
3. เริ่มการเขียนภาพ แล้ว project ข้อมูลของภาพหนึ่งไปยังอีกภาพที่อยู่ข้างเคียง
4. ลงขนาด (dimensioning) กับภาพที่วาด พร้อมทั้งเขียนหมายเหตุอื่น ๆ ที่จำเป็น และสัญลักษณ์แสดงระบบการฉายภาพ

เพื่อให้เข้าใจขั้นตอนต่าง ๆ เหล่านี้ได้มากยิ่งขึ้น ขอให้ศึกษาจากตัวอย่างที่จะได้แสดงต่อไป

ขั้นตอนที่ 1 สมมติว่าต้องการเขียนภาพออร์โทกราฟิกของวัตถุดังที่แสดงในรูปที่ 4.19 ขั้นตอนนี้ผู้เขียนแบบต้องวิเคราะห์ก่อนว่าวัตถุนี้ต้องการภาพทั้งหมดที่ภาพในการสื่อสารข้อมูลเกี่ยวกับขนาดและรูปร่าง ซึ่งอย่างน้อยที่สุดคือต้องการภาพสองภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลของขนาดที่ครบถ้วน ส่วนที่ว่าต้องการภาพที่สามหรือไม่นั้นต้องพิจารณาแล้วตอบคำถามตัวเองให้ได้ว่าภาพที่สามที่จะวาดเพิ่มนั้นให้ข้อมูลของรูปร่างเพิ่มหรือไม่ แต่จากวัตถุในรูปที่ 4.19 นี้ใช้ภาพเพียงสองภาพก็เพียงพอแล้ว โดยเลือกใช้ภาพด้านหน้าและด้านบนดังที่แสดงในรูปที่ 4.20

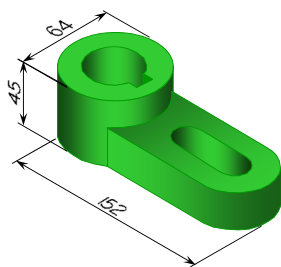


รูปที่ 4.19 ภาพวัตถุตัวอย่าง

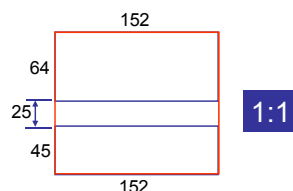


รูปที่ 4.20 มุมมองที่ต้องการสำหรับวัตถุตัวอย่าง

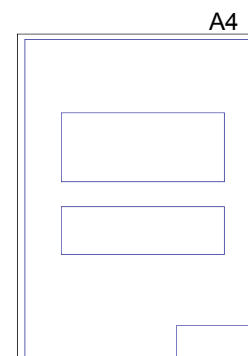
ขั้นตอนที่ 2 เมื่อได้มุมมองและจำนวนภาพที่ต้องการแล้วขั้นต่อไปให้คำนวณขนาดของพื้นที่ ๆ ต้องการใช้เพื่อวาดภาพเหล่านั้น สมมติให้วัตถุตัวอย่างนี้มีขนาดเป็นมิลลิเมตรตามรูปที่ 4.21ก ซึ่งจะทำให้ผู้เขียนแบบทราบว่าถ้าต้องการวาดภาพด้านหน้าต้องใช้พื้นที่อย่างน้อยเท่ากับสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดกว้าง \times สูง (ในกรณีที่วาดภาพด้วยสัดส่วน 1:1) เท่ากับ 152×45 มม. ส่วนภาพด้านบนก็ต้องใช้พื้นที่อย่างน้อยเท่ากับ 152×64 มม. และเผื่อพื้นที่ระหว่างภาพไว้อีกประมาณ 25 มม. ซึ่งผู้เขียนแบบสามารถกำหนดระยะห่างระหว่างภาพนี้ได้เองตามความเหมาะสม ดังนั้นพื้นที่รวมทั้งหมดที่ต้องใช้ในการเขียนภาพนี้คือ 152×134 มม. ดังแสดงในรูปที่ 4.21ข จากนั้นให้ลองนำพื้นที่ดังกล่าวนี้ไปลองจัดวางตำแหน่งบนกระดาษเขียนแบบให้มีความสมดุลไม่ชิดขอบข้างใดข้างหนึ่งจนเกินไปดังแสดงในรูปที่ 4.21ค



(ก)



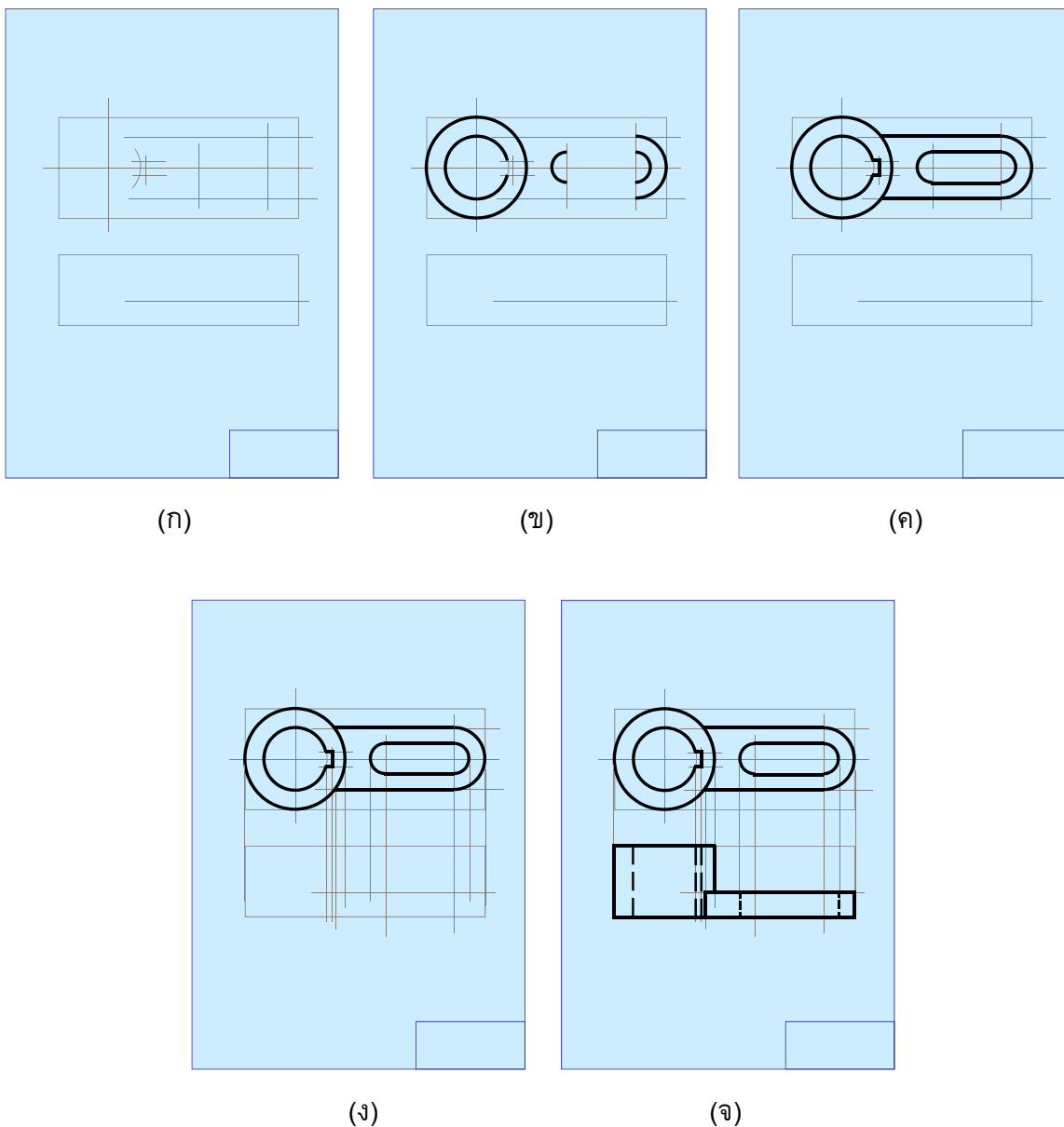
(ข)



(ค)

รูปที่ 4.21 การคำนวณพื้นที่สำหรับวาดภาพและจัดวางบนกระดาษให้เหมาะสม

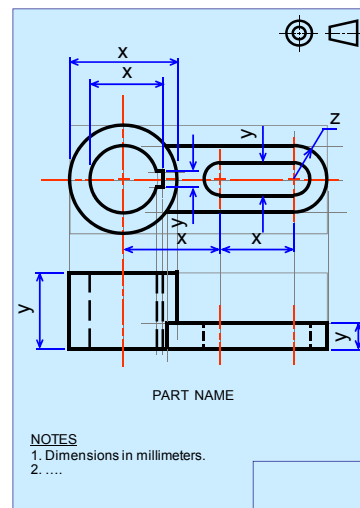
ขั้นตอนที่ 3 เริ่มวาดภาพจากขนาดของวัตถุที่กำหนด โดยอาจจะวาดภาพด้านหน้าหรือภาพด้านบนก่อนก็ได้ สำหรับตัวอย่างนี้การวาดภาพด้านบนจะเหมาะสมกว่าเพราะสามารถ project ข้อมูลจากภาพด้านบนลงมาใช้ต่อด้านล่างได้อย่างสะดวก แต่ก่อนที่จะเริ่มลากเส้นรูปจริง ๆ ควรเริ่มจากการลากเส้นร่างก่อนเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 4.22ก ซึ่งเส้นร่างนี้จะช่วยเราในการกำหนดตำแหน่งสำคัญ ๆ ในรูป เช่น ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งหรือวงกลม บริเวณที่มีการหักมุมหรือเป็นร่องเล็ก ๆ ในวัตถุ ช่วยกำหนดขนาดโดยรวมของภาพที่จะวาด เป็นต้น ทำให้ผู้วาดตรวจสอบและแก้ไขได้ก่อนที่จะลากเส้นจริง เนื่องจากถ้าลากเส้นจริงแล้วการลบหรือเปลี่ยนแปลงแก้ไขจะทำได้ยากหรือทำได้ไม่สะอาดเพียงพอ



รูปที่ 4.22 ขั้นตอนการเขียนภาพออโรกราฟิกและการ project ข้อมูลไปยังภาพด้านล่าง

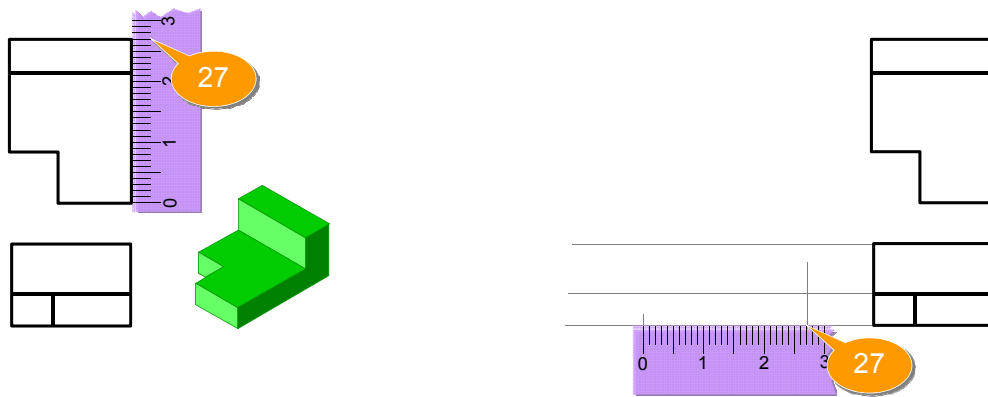
เมื่อได้เส้นร่างเรียบร้อยแล้วต่อไปก็เริ่มวาดรูป โดยควรวาดเส้นที่เป็นส่วนโค้งหรือวงกลมก่อน (รูปที่ 4.22ข) จากนั้นจึงค่อยลากเส้นตรง (รูปที่ 4.22ค) หลังจากวาดรูปด้านบนเสร็จแล้วให้ project ข้อมูลที่จำเป็นลงมายังบริเวณภาพด้านหน้าโดยใช้เส้นดิ่ง ข้อมูลที่จำเป็นเหล่านี้คือ ตำแหน่งศูนย์กลางวงกลม ตำแหน่งขอบวงกลม ขอบมุมอื่น ๆ ที่จะทำให้เกิดเส้นเมื่อมองทางด้านหน้า เป็นต้น (รูปที่ 4.22ง) เมื่อได้ข้อมูลที่ครบถ้วนแล้วให้วาดภาพด้านหน้าให้สมบูรณ์ (รูปที่ 4.22จ)

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการเก็บรายละเอียดปลีกย่อย เช่น การเขียนเส้น center line ในบริเวณที่เป็นแกนทรงกระบอกหรือในรูปวงกลม การลงขนาดของวัตถุ การให้หมายเหตุของรูป และที่ลืมไม่ได้คือการเขียนสัญลักษณ์แสดงระบบการฉายภาพที่ใช้ ซึ่งจะทำให้ได้งานเขียนแบบที่เสร็จสมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 4.23

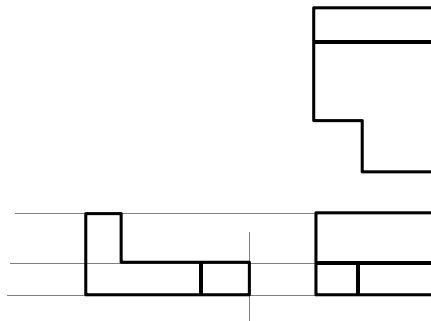


รูปที่ 4.23 ตัวอย่างการเขียนแบบออโรกราฟิกของวัตถุตัวอย่าง

จากตัวอย่างที่แสดงข้างต้นเป็นกรณีที่ต้องการวาดภาพออโรกราฟิกเพียง 2 ภาพเท่านั้นแต่ในกรณีที่วัตถุนั้นต้องการภาพทั้งหมด 3 ภาพเพื่ออธิบายขนาดและรูปร่าง การ project ข้อมูลจากทั้ง 2 ภาพที่มีอยู่แล้วเพื่อนำมาใช้ในการวาดภาพที่ 3 นั้นสามารถทำได้ 2 รูปแบบด้วยกัน แบบแรกคือทำการวัดระยะโดยตรงจากภาพหนึ่งเพื่อไปใช้ในอีกภาพหนึ่งดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4.24 จากรูปสมมติว่าต้องการวาดภาพด้านซ้าย หลังจากที่เราวาดภาพด้านหน้าและด้านบนเรียบร้อยแล้ว ซึ่งความกว้างของภาพด้านซ้ายจะมีค่าเท่ากับความลึกของวัตถุ โดยขนาดความลึกของวัตถุนี้ก็มีอยู่แล้วในภาพด้านบน (ความสูงของภาพด้านบน) ดังนั้นจึงสามารถใช้ไม้บรรทัดวัดขนาดความลึกจากภาพด้านบนแล้วนำขนาดดังกล่าวไปใช้กำหนดขอบเขตสำหรับวาดภาพด้านซ้ายได้ เมื่อทำการวัดขนาดเช่นนี้กับทุก ๆ ส่วนที่สำคัญของรูป แล้วเขียนเส้นรูปให้เรียบร้อยแล้วก็จะได้ภาพดังรูปที่ 4.25

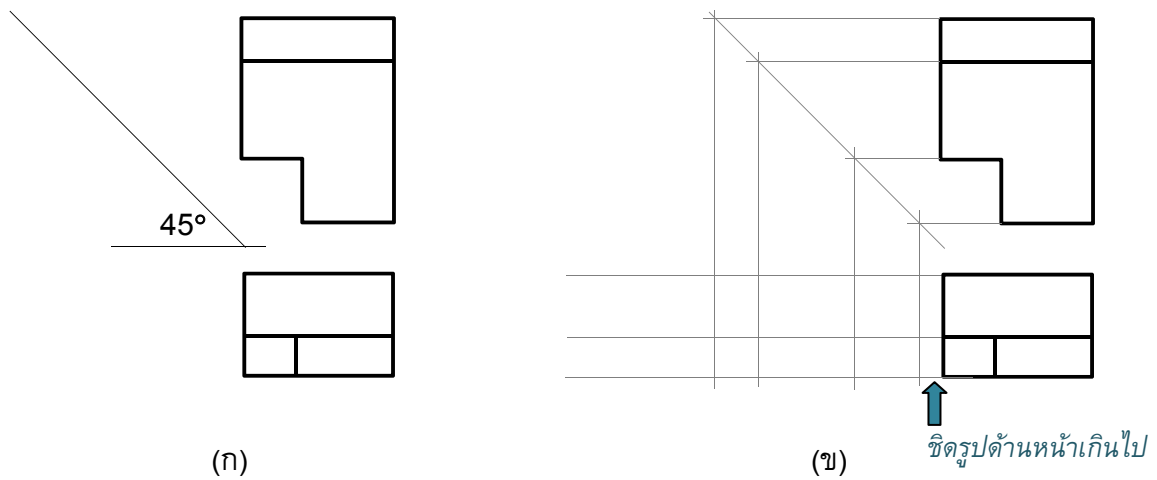


รูปที่ 4.24 การส่งข้อมูลจากภาพหนึ่งไปยังอีกภาพหนึ่งโดยวิธีการวัดโดยตรง

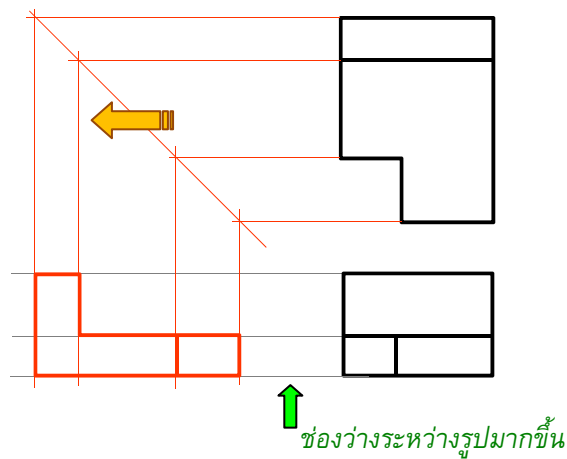


รูปที่ 4.25 ภาพออร์โทกราฟิกจากการส่งข้อมูลระหว่างภาพด้วยการวัดโดยตรง

วิธีที่สองในการส่งข้อมูลจากภาพหนึ่งไปอีกภาพหนึ่งคือการใช้เส้น miter line ซึ่งเป็นเส้นตรงที่เอียงทำมุม 45 องศา กับแนวระดับ โดยมีทิศทางพุ่งออกจากภาพด้านหน้าและเอียงไปทางด้านที่ต้องการส่งข้อมูลไปดังแสดงในรูปที่ 4.26ก จากรูปแสดงตัวอย่างที่ต้องการวาดภาพด้านซ้ายของวัตถุเมื่อมีภาพด้านหน้าและด้านบน ดังนั้นเส้น miter line จะต้องลากพุ่งออกจากภาพด้านหน้าและเอียงไปทางด้านซ้ายทำมุม 45 องศา กับแนวระดับ ส่วนการส่งข้อมูลจากภาพด้านบนด้วยการใช้เส้น miter line นี้สามารถทำได้โดยการลากเส้นนอนจากจุดที่ต้องการส่งข้อมูลไปตัดเส้น miter line และจากจุดตัดที่เกิดขึ้นบนเส้น miter line ให้ลากเส้นตั้งลงมายังบริเวณที่ต้องการวาดภาพ สุดท้ายก็จะได้ขอบเขตของการวาดภาพที่ต้องการดังรูปที่ 4.26ข จากนั้นก็วาดรูปตามที่ต้องการ แต่ถ้าพบว่าการส่งข้อมูลผ่านเส้น miter line นี้ทำให้รูปที่ได้ชิดกับรูปด้านหน้ามากเกินไปก็สามารถเลื่อนเส้น miter line ออกจากรูปด้านหน้าได้ แต่เส้นต้องเอียงทำมุม 45 องศา กับแนวระดับเช่นเดิมดังแสดงในรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.26 การใช้เส้น miter line ในการส่งข้อมูลจากภาพหนึ่งไปยังอีกภาพหนึ่ง



รูปที่ 4.27 การเลื่อนเส้น miter line ออกจากภาพด้านหน้าเพื่อให้ระยะห่างระหว่างรูปมากขึ้น

4.4 การบอกขนาดเบื้องต้น (basic dimensioning)

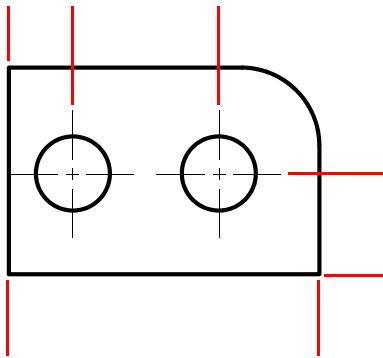
องค์ประกอบเบื้องต้นของการบอกขนาดจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ

1. Extension line

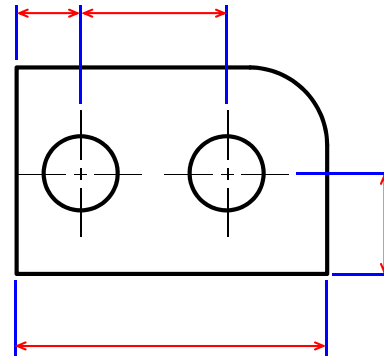
เส้น extension line เป็นเส้นเบา (4H) ที่ลากออกจากตำแหน่งที่ต้องการบอกขนาด โดยมักจะลากเป็นเส้นคู่ออกไป โดยเส้นคู่นี้จะเป็นตัวกำกับขอบเขตของขนาดที่ต้องการบอกดังแสดงในรูปที่ 4.28

2. Dimension line

เส้น dimension line เป็นเส้นเบา (4H) ที่มีหัวลูกศรอยู่ที่ปลายทั้งสองข้าง โดยลากตั้งฉากและอยู่ระหว่างเส้น extension line ดังแสดงในรูปที่ 4.29



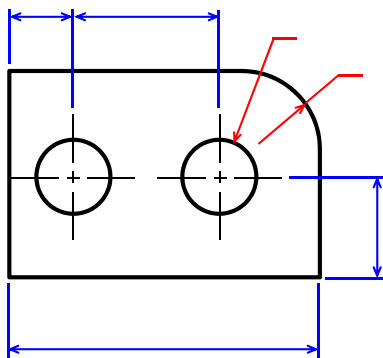
รูปที่ 4.28 เส้น extension line



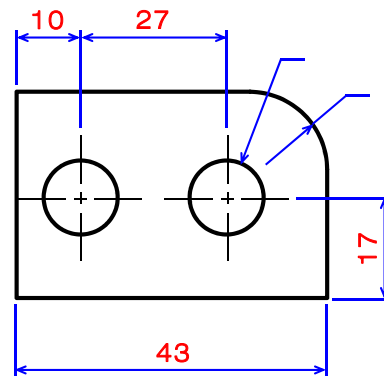
รูปที่ 4.29 เส้น dimension line

3. Leader line

เส้น leader line เป็นเส้นเบา (4H) ที่มีหัวลูกศรอยู่ข้างเดียว มักใช้ในการบอกขนาดของส่วนโค้งหรือวงกลม การใช้งานนั้นจะต้องวางหัวลูกศรจรดส่วนโค้งที่ต้องการบอกขนาดแล้วลากเส้นเอียงยาวออกไป จบท้ายด้วยเส้นนอนสั้น ๆ สิ่งที่สำคัญที่สุดคือแนวในการลากเส้นนี้ต้องผ่านจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งหรือวงกลม (ไม่ใช่ลากไปจรดจุดศูนย์กลาง) ดังแสดงในรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 เส้น leader line



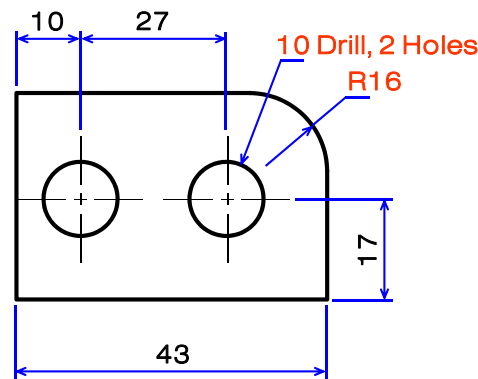
รูปที่ 4.31 Dimension number

4. Dimension number

Dimension number เป็นตัวเลขที่ใช้บอกขนาด โดยจะเขียนด้วยเส้นเข้ม (2H) และเขียนอยู่เหนือเส้น dimension line เล็กน้อย (ไม่ใช่เส้น dimension line เป็นเส้นบรรทัด) ในบางครั้งการเขียนเลขบอกขนาดอาจจะต้องเขียนในแนวตั้ง เนื่องจากเส้น dimension line เป็นเส้นตั้ง ในกรณีนี้ต้องขยับตัวเองไปด้านขวาแล้วเขียนตัวเลขให้อยู่บนเส้น dimension line ดังตัวอย่างการลงขนาด “17” ที่แสดงในรูปที่ 4.31

5. Local note

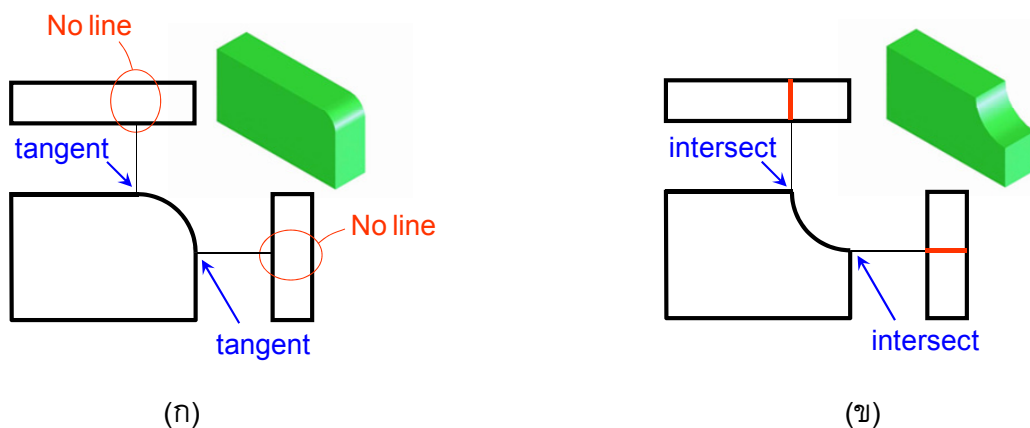
Local note เป็นข้อความสั้น ๆ เขียนด้วยเส้นเข้ม (2H) มักใช้คู่กับ leader line ในการบอกขนาดส่วนโค้งและวงกลม ดังแสดงในรูปที่ 4.32 จากรูปจะเห็นข้อความที่เขียนว่า “R16” วางอยู่เหนือเส้นตรงเล็ก ๆ ของ leader line เส้นหนึ่ง ซึ่งมีความหมายว่าส่วนโค้งที่เส้น leader line นั้นชี้อยู่มีค่ารัศมีเท่ากับ 16 มม. ส่วนอีกข้อความ “10 Drill, 2 Holes” ก็มีความหมายว่า วงกลมที่เส้น leader line ชี้อยู่เป็นรูที่ถูกเจาะซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 10 มม. และมีรูเช่นนี้ในรูป 2 รู



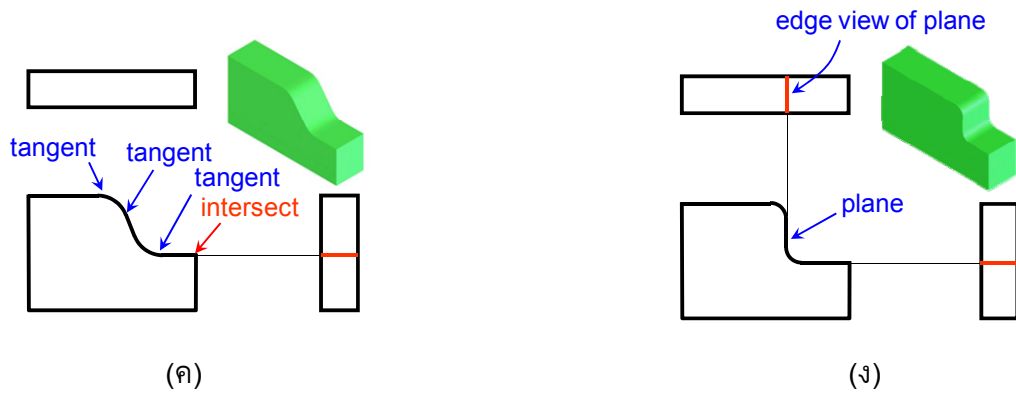
รูปที่ 4.32 Local note

4.5 การสัมผัสและการตัดกันของพื้นผิว

หัวข้อสุดท้ายของบทนี้จะกล่าวถึงกรณีที่พื้นผิวสองพื้นผิวสัมผัสหรือตัดซึ่งกันและกัน โดยถ้าพื้นผิวทั้งสองสัมผัสกันดังแสดงในรูปที่ 4.33ก จะได้ว่าบริเวณที่พื้นผิวสัมผัสกันนั้นจะไม่ก่อให้เกิดเส้นบนภาพเมื่อมองจากด้านขวาหรือด้านบน แต่ถ้าพื้นผิวทั้งสองตัดกันดังแสดงในรูปที่ 4.33ข กรณีเช่นนี้จะก่อให้เกิดเส้นหรือรอยตัดไปปรากฏบนภาพด้านขวาและภาพด้านบน

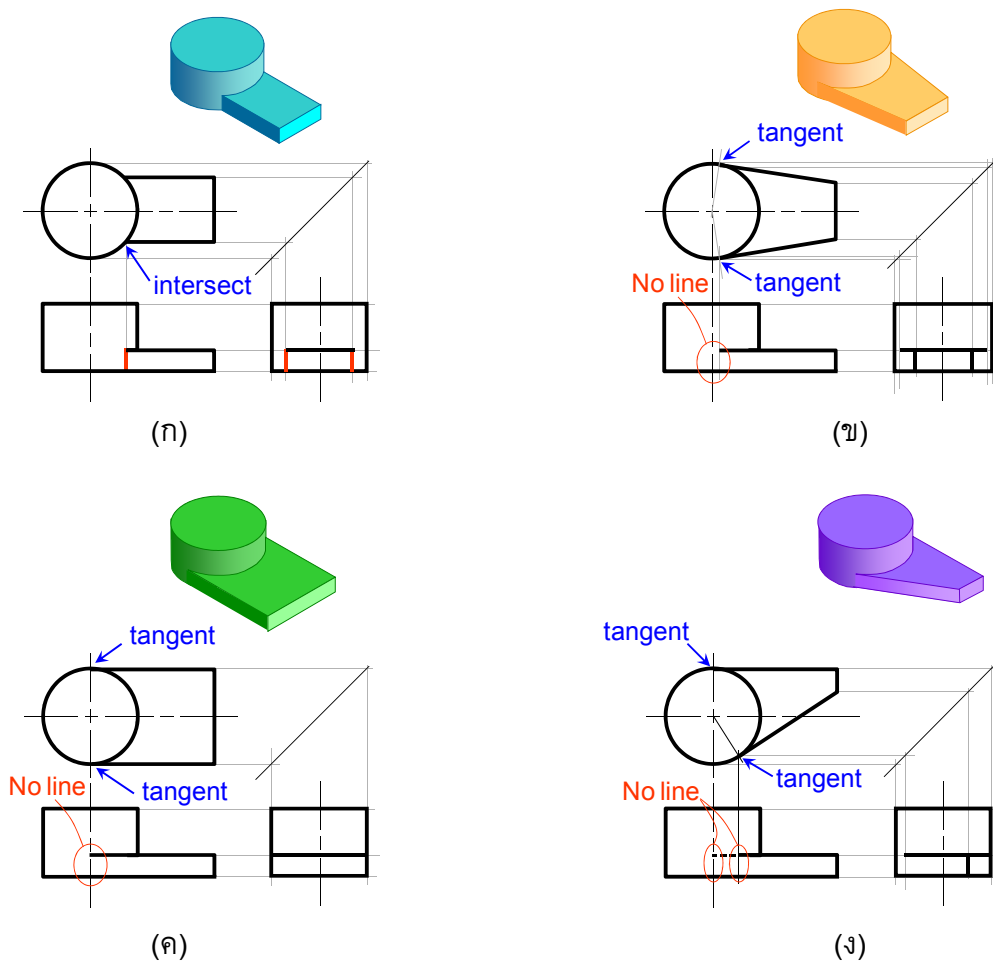


รูปที่ 4.33 พื้นผิวทั้งสองที่สัมผัสและตัดซึ่งกันและกัน



รูปที่ 4.33 (ต่อ) พื้นผิวทั้งสองที่สัมผัสและตัดซึ่งกันและกัน

ตัวอย่างเพิ่มเติมในกรณีที่พื้นผิวทั้งสองสัมผัสหรือตัดซึ่งกันและกันสามารถศึกษาได้ในรูปที่ 4.33ค-ง ส่วนรูปที่ 4.34ก-ง นั้นเป็นตัวอย่างที่มีความซับซ้อนขึ้นมากขึ้น โดยวัตถุในรูปมีลักษณะที่คล้าย ๆ กัน กล่าวคือประกอบด้วยทรงกระบอกและแท่งสี่เหลี่ยมหลากหลายรูปทรงและขนาด พุ่งเข้าชนกับทรงกระบอกก่อให้เกิดพื้นผิวที่สัมผัสหรือตัดกัน

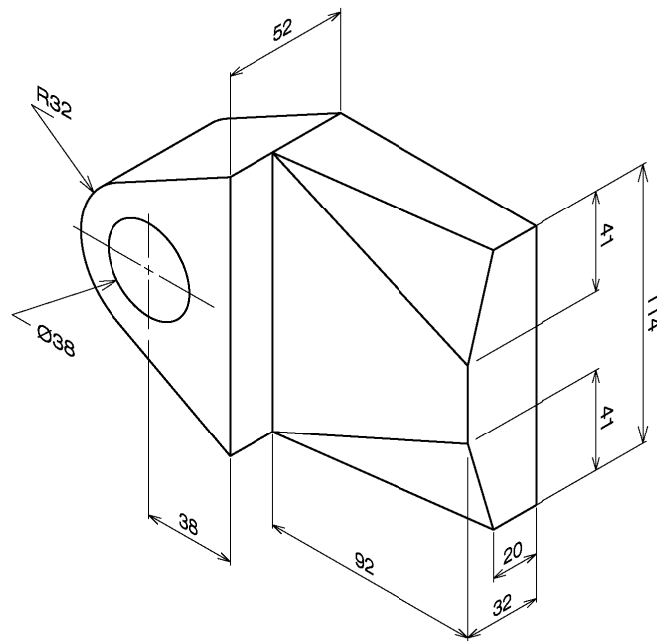


รูปที่ 4.34 วัตถุทรงกระบอกและแท่งสี่เหลี่ยมที่มีพื้นผิวสัมผัสและตัดซึ่งกันและกัน

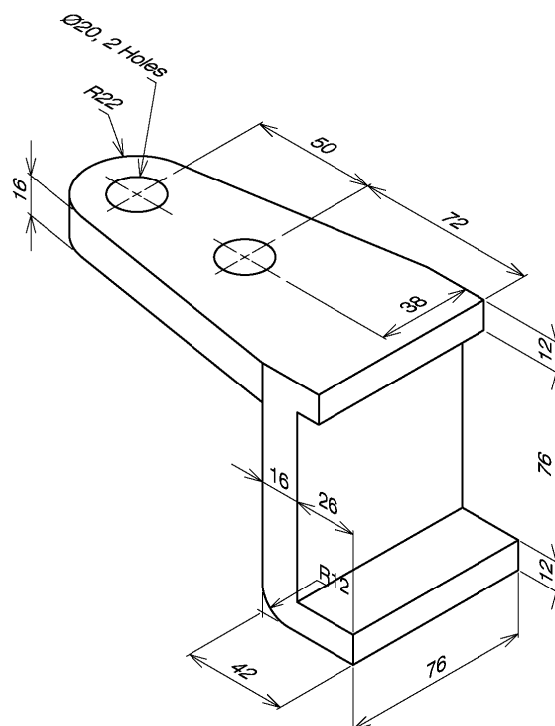
4.6 บทสรุป

ขั้นตอนในการเขียนภาพออร์โทกราฟิกที่แสดงในบทนี้เริ่มจากแนวทางในการเลือกภาพด้านหน้า ภาพด้านข้าง (ด้านบนหรือด้านซ้าย-ขวา) จำนวนภาพที่จำเป็นในการสื่อสารข้อมูลเกี่ยวกับขนาดและรูปร่าง ระบบในการฉายภาพออร์โทกราฟิกซึ่งมี 2 ระบบด้วยกันนั้นคือ ระบบ first angle และระบบ third angle โดยในวิชาเขียนแบบนี้จะใช้ระบบ third angle เท่านั้น หัวข้อต่าง ๆ ข้างต้นนี้เป็นเครื่องมือที่ต้องใช้ในการพิจารณาวัตถุก่อนที่จะเริ่มเขียนภาพออร์โทกราฟิกของวัตถุนั้น เมื่อดำเนินการตามขั้นตอนข้างต้นเสร็จสิ้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการประเมินขนาดโดยรวมของภาพที่จะวาดและจัดให้ได้ตำแหน่งที่เหมาะสมบนกระดาษเขียนแบบ เมื่อพร้อมแล้วก็ให้เริ่มจากการลากเส้นร่างก่อนโดยใช้เส้นนำหนักเบาเพื่อให้ได้ขนาดและตำแหน่งของจุดสำคัญ ๆ ตามที่ต้องการ แล้วค่อยเริ่มวาดภาพด้วยเส้นที่มีน้ำหนักเข้มโดยให้เขียนเส้นโค้งหรือวงกลมก่อนแล้วจบรูปด้วยเส้นตรง จากนั้นให้ project ข้อมูลไปยังภาพข้างเคียงเพื่อสร้างภาพออร์โทกราฟิกที่สมบูรณ์ ซึ่งเทคนิคหนึ่งที่ยิยมใช้ในการส่งข้อมูลจากภาพหนึ่งไปยังอีกภาพหนึ่งก็คือเทคนิคการใช้เส้น miter line เมื่อได้ภาพออร์โทกราฟิกที่สมบูรณ์แล้วก็ให้ทำการบอกขนาด ซึ่งในบทนี้เป็นการแนะนำองค์ประกอบของการบอกขนาดเบื้องต้นเท่านั้น (รายละเอียดเกี่ยวกับการบอกขนาดจะกล่าวถึงในบทที่ 7) หัวข้อสุดท้ายเป็นการแสดงตัวอย่างเมื่อมีพื้นผิวสองพื้นผิวมาสัมผัสหรือตัดซึ่งกันและกัน โดยถ้าพื้นผิวสองพื้นผิวมาตัดกันแล้วรอยตัดที่เกิดขึ้นก็จะไปปรากฏเป็นเส้นในภาพด้านข้าง แต่ถ้าพื้นผิวทั้งสองสัมผัสกันก็จะไม่ก่อให้เกิดเส้น (ไม่มีรอยตัด) ไปปรากฏในภาพด้านข้าง

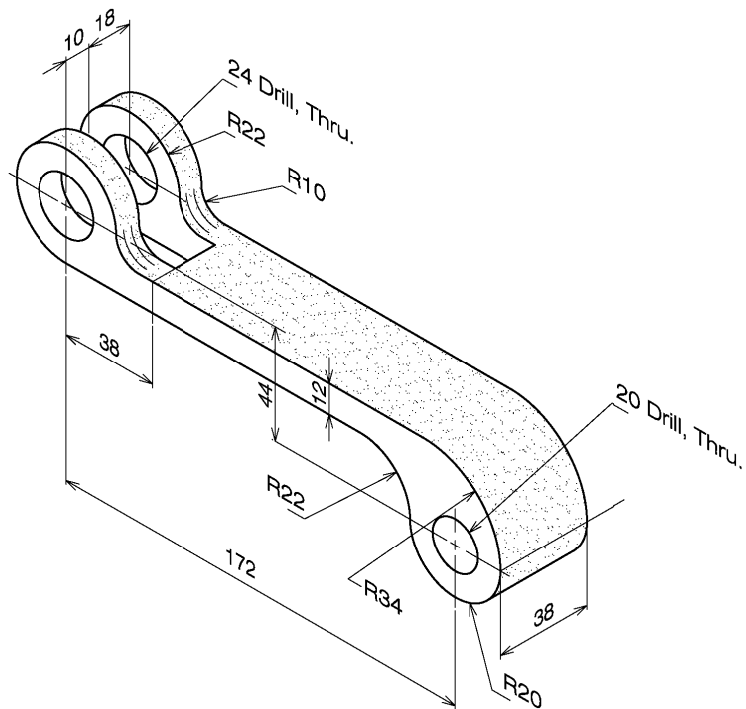
3. จงเขียนภาพออร์โทกราฟิกของวัตถุต่อไปนี้ โดยเลือกสเกลให้เหมาะสมกับกระดาษ



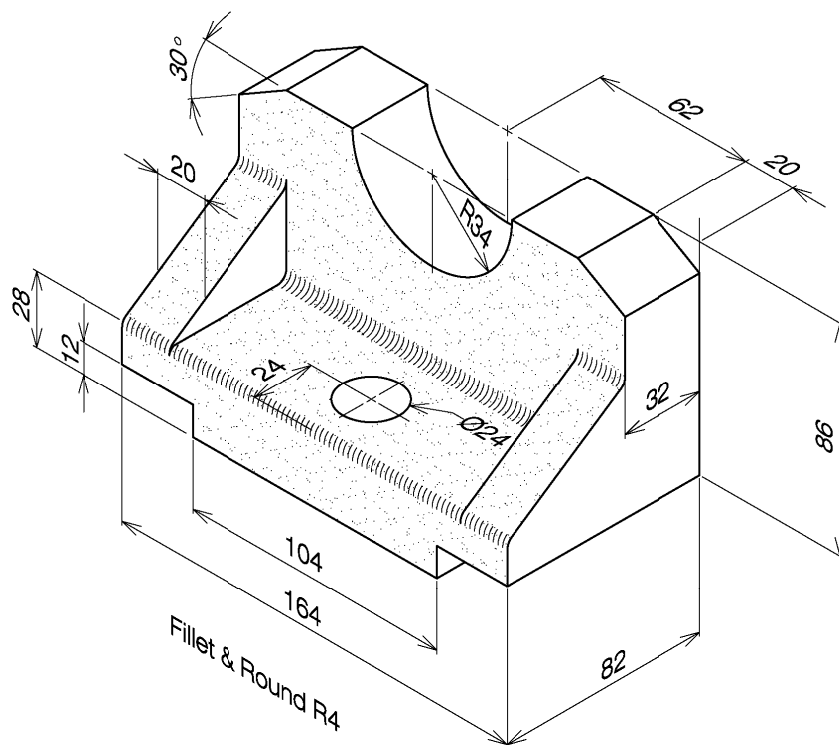
4. จงเขียนภาพออร์โทกราฟิกของวัตถุต่อไปนี้ โดยเลือกสเกลให้เหมาะสมกับกระดาษ



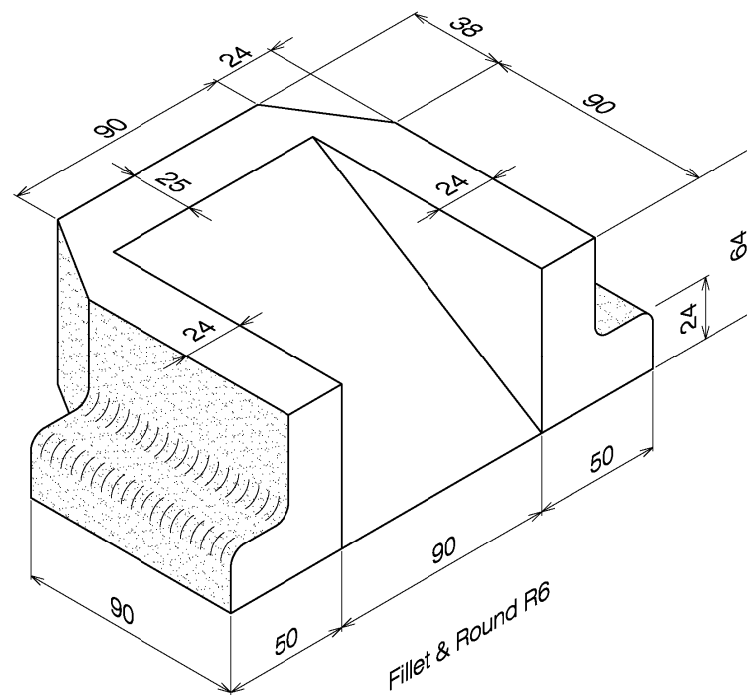
5. จงเขียนภาพออโรกราฟิกของวัตถุต่อไปนี้ โดยเลือกสเกลให้เหมาะสมกับกระดาษ



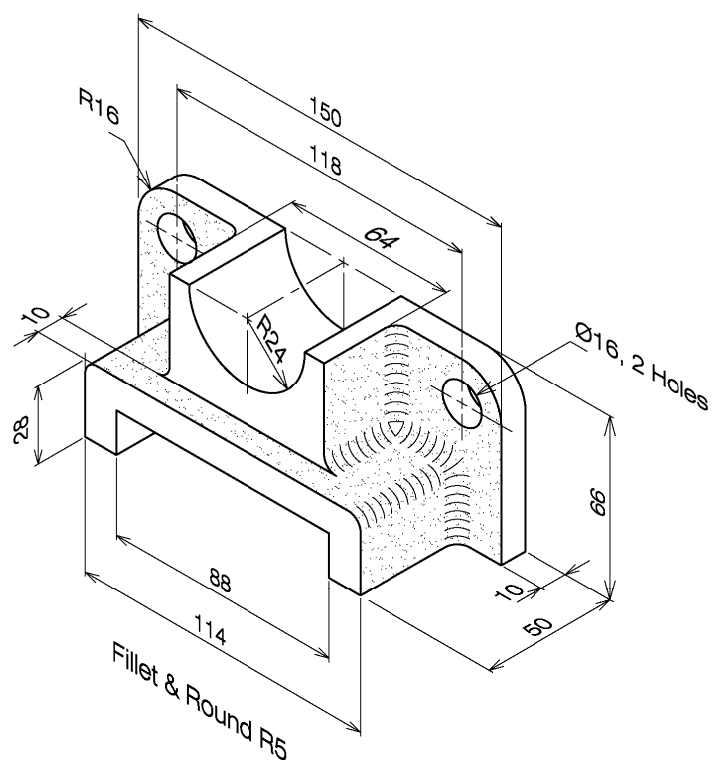
6. จงเขียนภาพออโรกราฟิกของวัตถุต่อไปนี้ โดยเลือกสเกลให้เหมาะสมกับกระดาษ



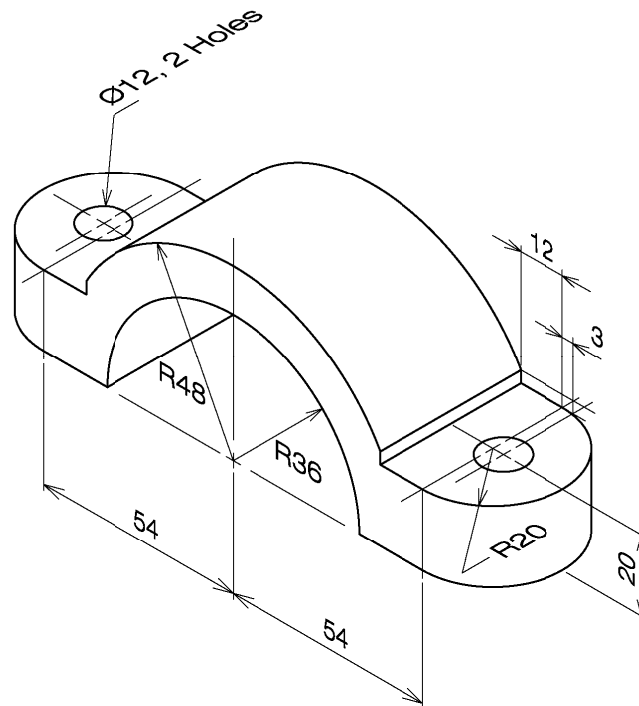
7. จงเขียนภาพอโรกราฟิกของวัตถุต่อไปนี้ โดยเลือกสเกลให้เหมาะสมกับกระดาษ



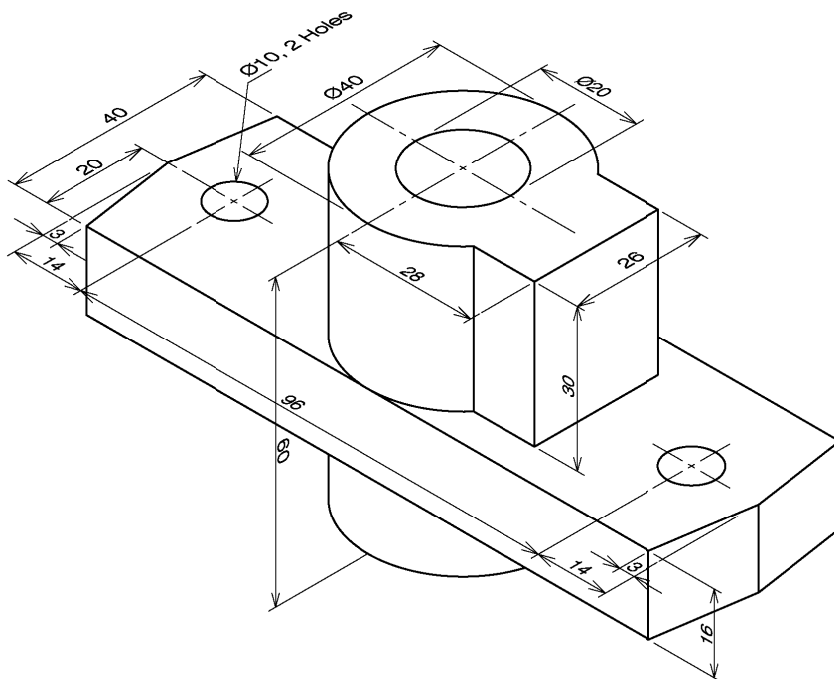
8. จงเขียนภาพอโรกราฟิกของวัตถุต่อไปนี้ โดยเลือกสเกลให้เหมาะสมกับกระดาษ



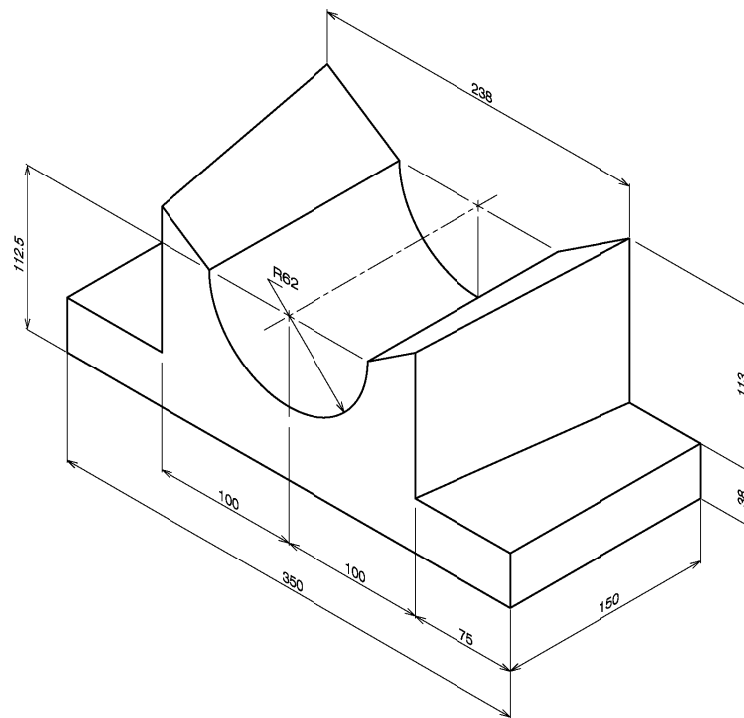
9. จงเขียนภาพออโรกราฟิกของวัตถุต่อไปนี้ โดยเลือกสเกลให้เหมาะสมกับกระดาษ



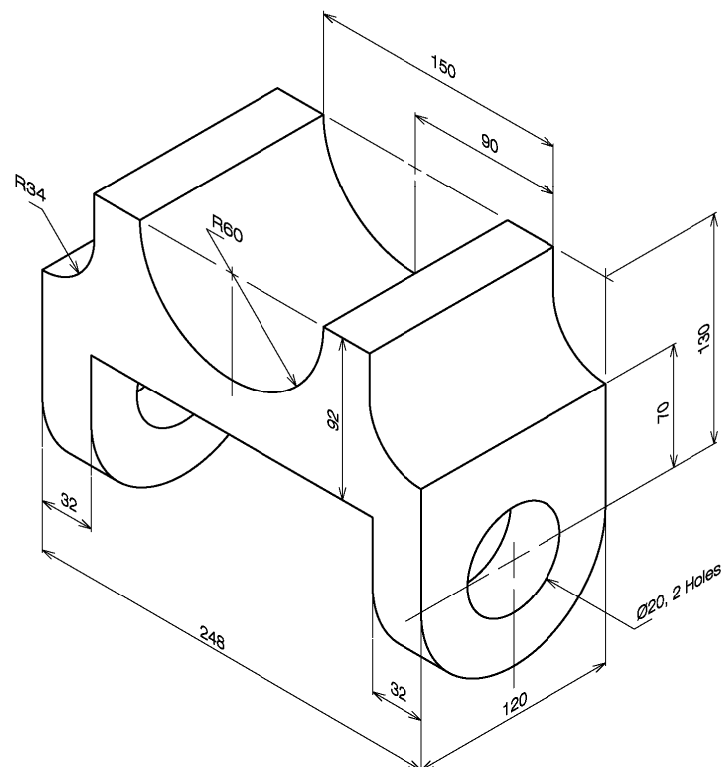
10. จงเขียนภาพออโรกราฟิกของวัตถุต่อไปนี้ โดยเลือกสเกลให้เหมาะสมกับกระดาษ



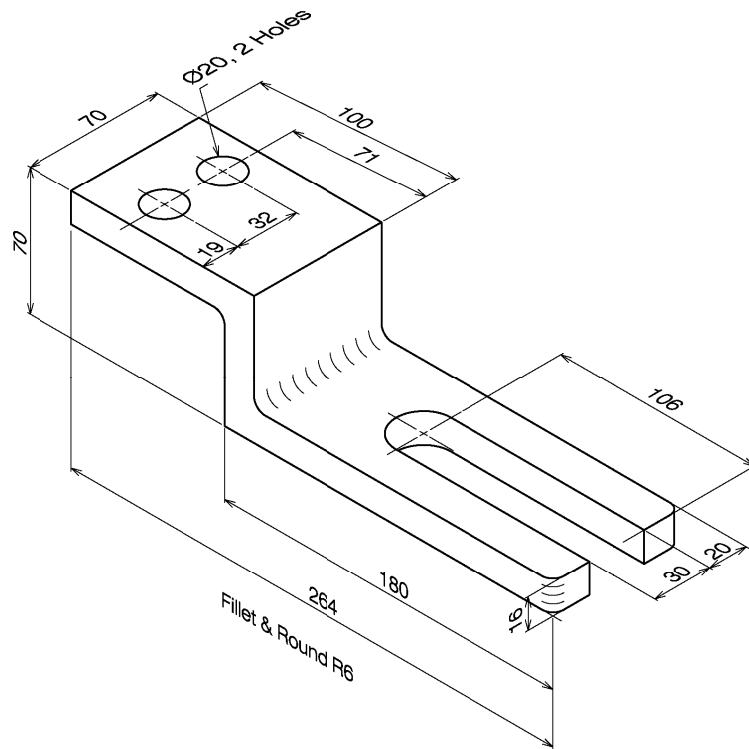
11. จงเขียนภาพออร์โทกราฟิกของวัตถุต่อไปนี้ โดยเลือกสเกลให้เหมาะสมกับกระดาษ



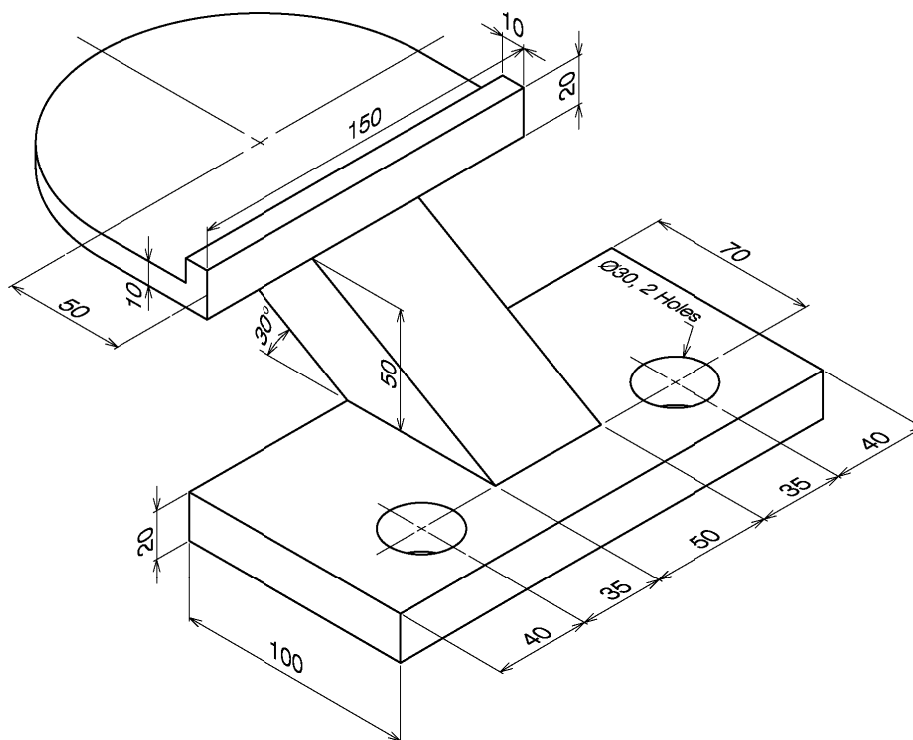
12. จงเขียนภาพออร์โทกราฟิกของวัตถุต่อไปนี้ โดยเลือกสเกลให้เหมาะสมกับกระดาษ



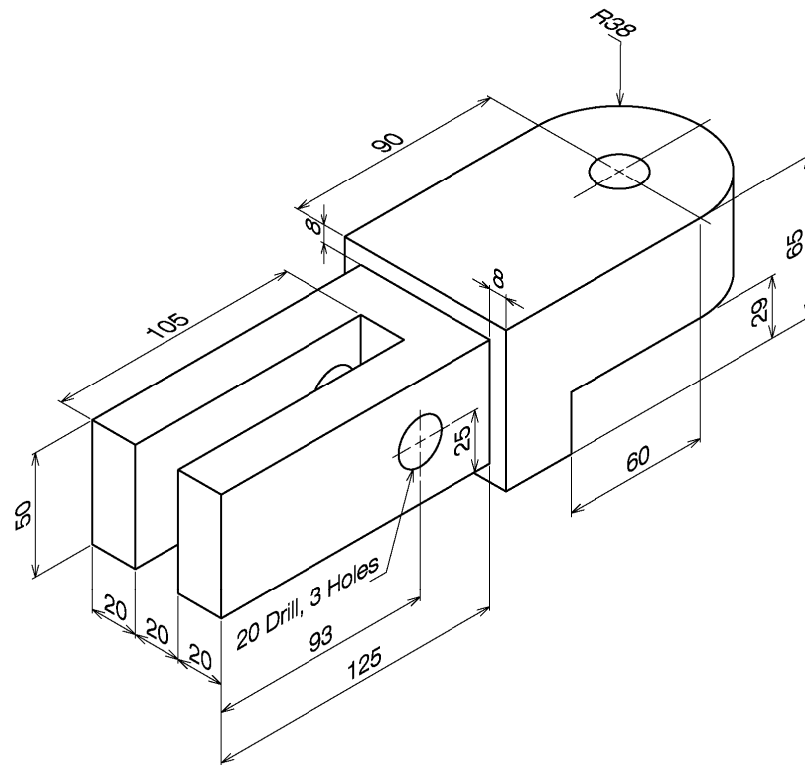
13. จงเขียนภาพออโรกราฟิกของวัตถุต่อไปนี้ โดยเลือกสเกลให้เหมาะสมกับกระดาษ



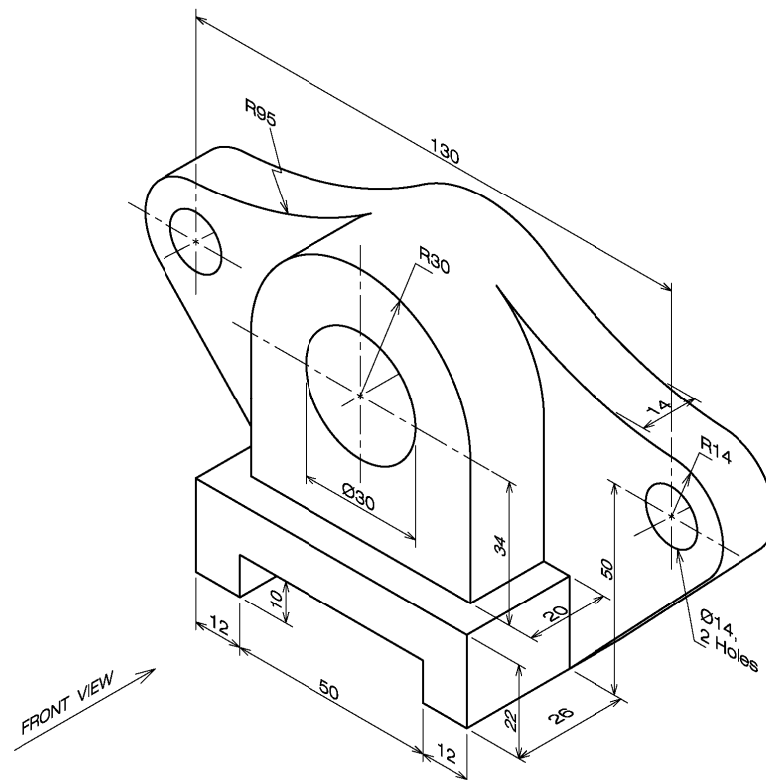
14. จงเขียนภาพออโรกราฟิกของวัตถุต่อไปนี้ โดยเลือกสเกลให้เหมาะสมกับกระดาษ



15. จงเขียนภาพอโรกราฟิกของวัตถุต่อไปนี้ โดยเลือกสเกลให้เหมาะสมกับกระดาน

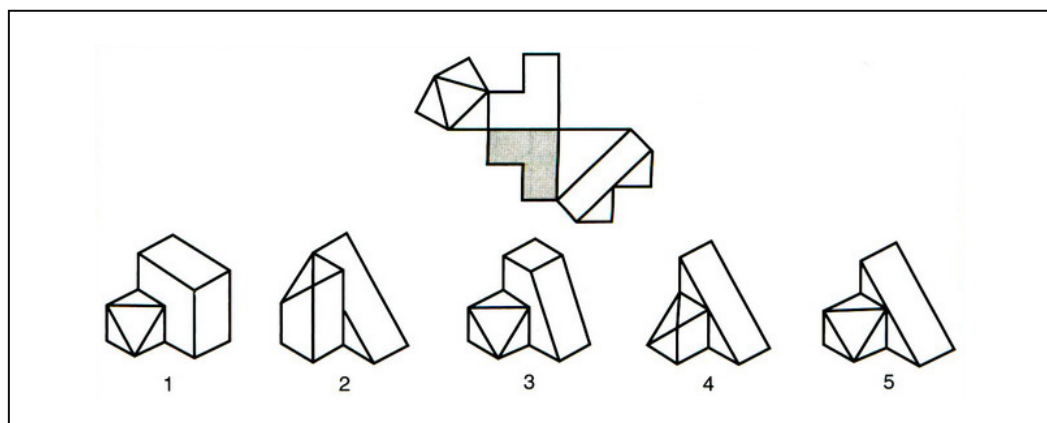
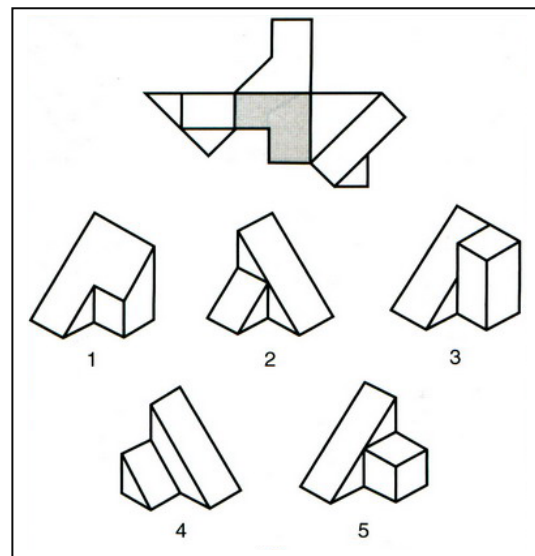
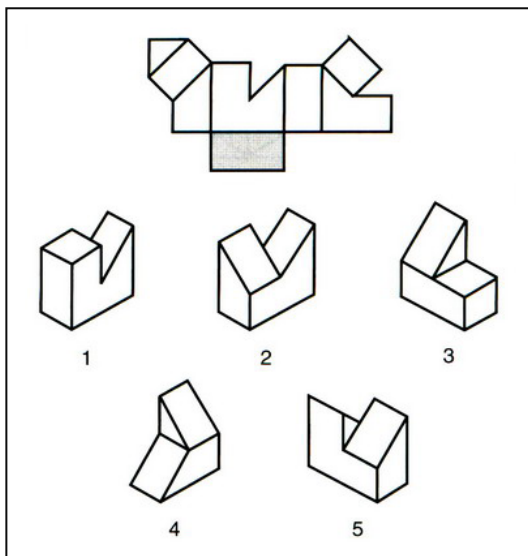
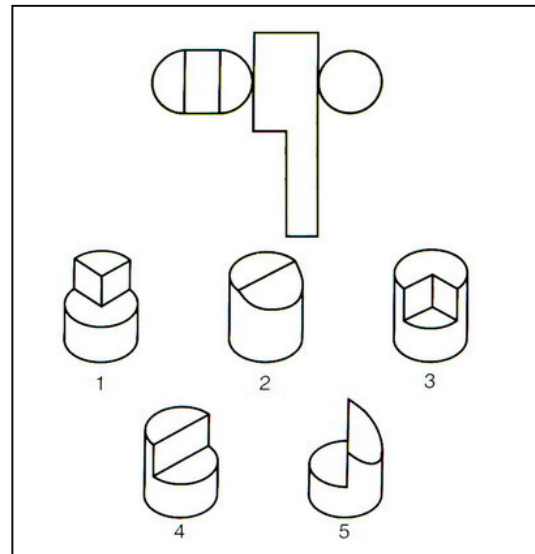
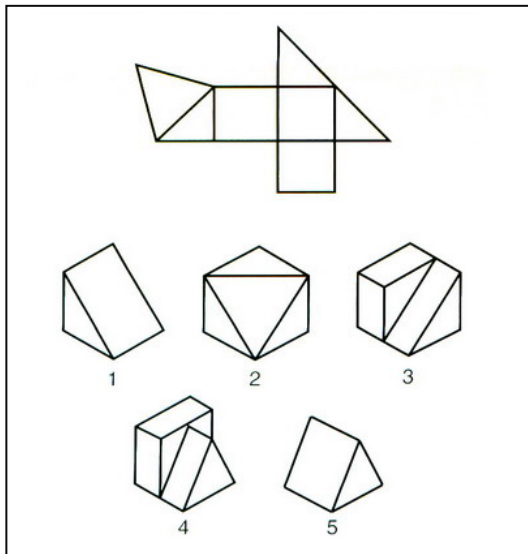


16. จงเขียนภาพอโรกราฟิกของวัตถุต่อไปนี้ โดยเลือกสเกลให้เหมาะสมกับกระดาษ

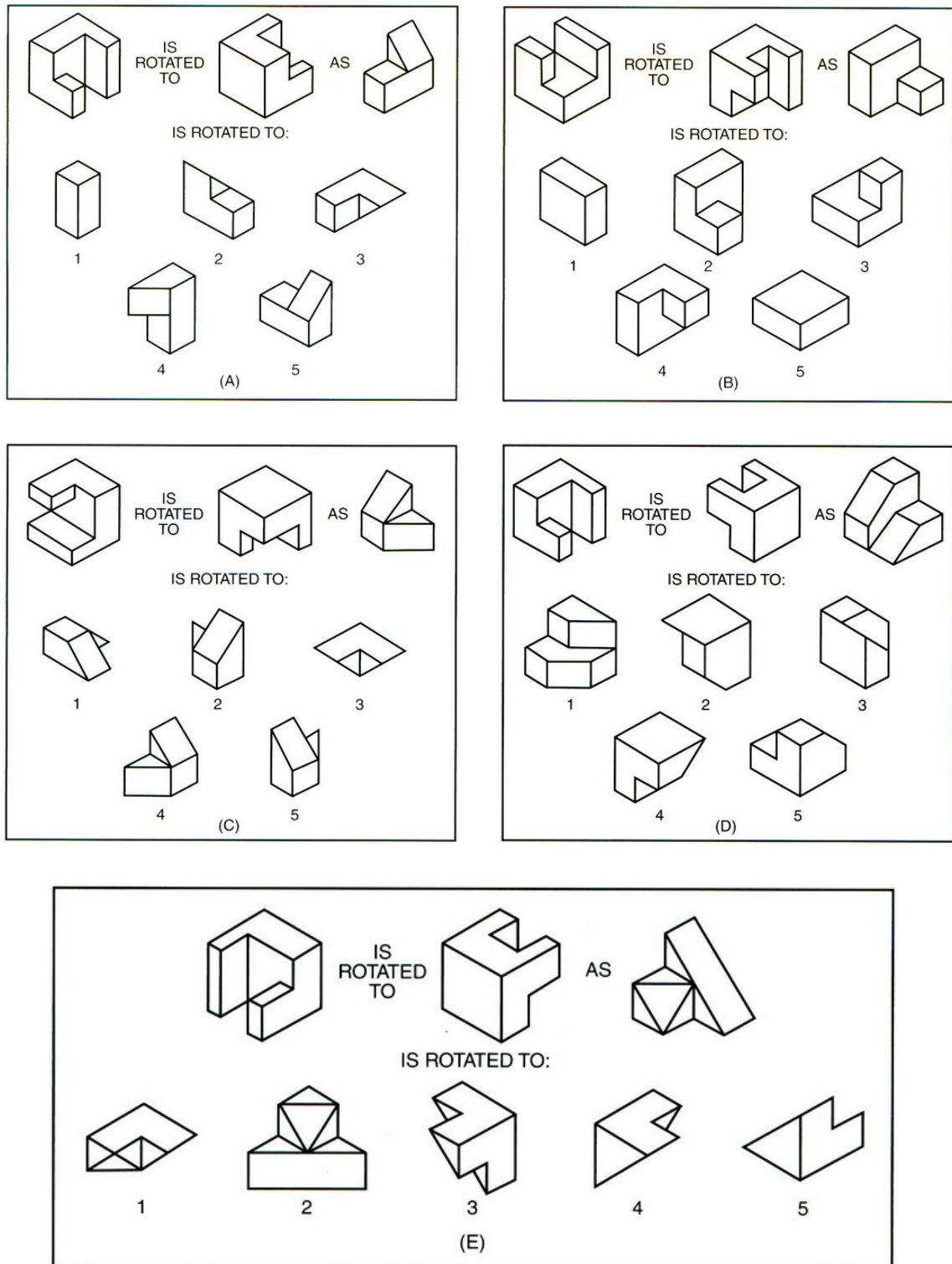


ปัญหาฝึกสมอง

1. จากแผ่นคลี่ที่กำหนดให้ จงหาว่าเมื่อประกอบแผ่นคลี่กลับแล้วจะได้วัตถุในรูปใด



2. ปัญหา Mental Rotation (From Purdue Spatial Visualization Test)



3. ปัญหา Mental Rotation (From Purdue Spatial Visualization Test) จงเลือกภาพที่ปรากฏเมื่อมองวัตถุจากมุมมองที่กำหนด โดยกำหนดให้จุดสีดำที่มุมกล่องคือตำแหน่งของมุมมอง

