บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบโมดูลาร์ (Modular Coordination)

2.1.1 ความหมายของระบบโมดูลาร์

โมดูลาร์นั้น มีความหมายว่า “ส่วนประกอบที่ประกอบกับขนาดอื่นได้ หรือส่วนอิสระที่ ทำงานด้วยตัวของมันเองได้” (พจนานุกรมอังกฤษ-ไทย, 2541) โดยพบว่าระบบโมดูลาร์ปรากฏในงานสถาปัตยกรรมมาหลายศตวรรษแล้ว ในอดีตคือเสาหิน ที่สร้างจากหิน 1 ก้อน หลังจากนั้นนักก่อสร้างโบราณเริ่มจัดการกับระบบโครงสร้างให้ ชิ้นส่วนเล็กลงและง่ายต่อการจัดการกลายเป็น บล็อกหิน ที่พบในยุคเมโสโปเตเมียน อียิปต์ บ้านกรีก และวัดวังต่างๆ (Asterios Agkathidis, 2009) ซึ่งสถาปนิกที่นำแนวคิดโมดูลาร์มาใช้ในงานสถาปัตยกรรมที่เห็นได้ชัดเจนที่สุด คือ เลอ คอร์บูซิเออร์ ซึ่งได้พัฒนาระบบเรขาคณิตที่อิงไปกับสัดส่วนของร่างกายมนุษย์และ ธรรมชาติขึ้น โดยได้สร้างมาตราส่วนเรขาคณิตที่เป็นพื้นฐานในการออกแบบงานสถาปัตยกรรม และอุตสาหกรรม เรียกว่า “ระบบโมดูเลอร์ (Modulor System)” (สันติรักษ์ ประเสริฐสุข, 2552)

ระบบโมดูลาร์ หรือเรียกอีกแบบหนึ่งคือ ระบบประสานทางพิกัด เป็นระบบมาตราวัด ระบบจังหวะ ที่สามารถช่วยอธิบายความเป็นอาคารในแต่ละสภาพแวดล้อม เป็นหน่วยที่เล็กที่สุด เป็นระบบโครงสร้างที่แบ่งออกเป็นส่วนเล็กๆ ย่อยๆ ที่สามารถรวมกันเป็นหน่วยรวมได้ ขนาดหน่วยแยกแต่ละส่วน จะมีระยะสัดส่วนที่มีความสัมพันธ์กันและสัมพันธ์กับหน่วยรวมด้วย (บ้านแสนรัก, 2012: ออนไลน์) มีการบอกขนาดจากจุดอ้างอิงหรือพิกัดอ้างอิงทั้งสามมิติ คือ มิติด้านความสูง มิติด้านความกว้าง มิติด้านความยาว ตามแนวแกนที่ใช้อ้างอิง หรือตามแนวแกน x, y และ z ในเรขาคณิต และแนวคิดนี้ได้ถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมคุณภาพ และการเพิ่มผลผลิต สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเช่นเดียวกันกับการก่อสร้างได้มีการนำมาใช้ในวางแผนงาน การออกแบบอาคาร การวางแผนการก่อสร้าง การผลิตวัสดุในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ที่จะนำมาใช้ในการประกอบขึ้นเป็นอาคาร เพื่อไม่ให้มีการตัดเศษวัสดุหรือผลิตภัณฑ์เมื่อนำมาประกอบในขณะก่อสร้างทำให้ลดการสูญเสียวัสดุ แรงงาน ต้นทุน ตั้งแต่ขบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตวัสดุ โดยปกติพบว่ามีวัสดุที่กลายเป็นของเสียที่เกิดขึ้นอยู่ราว 12% ใช้แรงงานการก่อสร้างเป็น 57% ระบบโมดูลาร์ หรือเรียกว่า ระบบสำเร็จรูป จะช่วยให้เกิดความยั่งยืนและทำให้งานสถาปัตกรรมมีคุณค่ามากขึ้น พบว่า ระบบโมดูลาร์ ลด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาคารเมื่อเทียบกับวิธีการแบบดั้งเดิม โดยชี้ให้เห็นถึงการลดลงของการขนส่งของค่าแรงงาน ระยะเวลาในการทำงาน ของเสีย อีกทั้งยังช่วยลดมลพิษที่เกิดจากการขนส่งและการทำงานในพื้นที่ในรูปแบบเดิม (Ryan E. Smith, 2010) อีกทั้งยังลดระยะเวลาการก่อสร้าง ลดขั้นตอนการทำงาน ใช้เวลาในการประกอบติดตั้งในสถานที่ก่อสร้างน้อย ลดการสูญเสียหรือสูญเปล่าของวัสดุ ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพของวัสดุ ฝีมือ คุณภาพงาน และระยะเวลาการก่อสร้าง และเมื่อพิจารณาถึงองค์รวมแล้วจะทำให้เกิดความประหยัด สามารถลดต้นทุนการก่อสร้างโครงการได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโครงการที่มีหน่วยการก่อสร้างปริมาณมากๆ หรือโครงการขนาดใหญ่

ดังนั้นสามารถสรุปวัตถุประสงค์หลักและความหมายของระบบโมดูลาร์หรือระบบการประสานทางพิกัด คือ การให้ขนาดของชิ้นส่วนอาคารต่างๆที่ผลิตขึ้น มีความประสานสอดคล้องซึ่งกันและกันระหว่างแต่ละชิ้นส่วน และมีการประสานที่เหมาะสมกับขนาด หรือระยะต่างๆ ของตัวอาคารที่สร้างขึ้นในสถานที่ก่อสร้างด้วย เป็นระบบที่กำหนดมิติในการออกแบบชิ้นส่วนอาคารเพื่อให้สามารถผลิต และติดตั้งได้ง่าย รวดเร็ว และสวยงาม ในการออกแบบอาคารในระบบประสานทางพิกัด สิ่งที่มีความจำเป็นเบื้องต้น คือ การกำหนดมิติ และหน่วยพิกัด เนื่องจากทั้งสองสิ่งดังกล่าวเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดระบบการประสานทางพิกัด และช่วยกำหนดให้ขนาด ระยะ สัดส่วนของชิ้นส่วนต่างๆ ของอาคารมีความสัมพันธ์และสอดคล้องซึ่งกันและกัน

2.1.2 ประเภทของระบบโมดูลาร์

1. แบบส่งตรงจากโรงงาน

คือระบบการออกแบบที่มีคล้ายคลึงกับการก่อสร้างที่มีอยู่ในปัจจุบัน คือ มีโครงสร้างหลักแยกเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปแล้วนำมาประกอบผนังภายหลัง ตามด้วยการปิดพื้นผิวเป็นขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งขั้นตอนในการก่อสร้างทั้งหมดจะสามารถทำในโรงงานได้ โดยแบ่งการสร้างเป็นแต่ละส่วนของบ้าน แล้วจึง ขนส่งไปประกอบกันภายหลัง โดยแต่ละโมดูลาร์นั้นจะจัดวางพื้นที่ภายในของตัวเองเป็นเอกเทศ ไม่ขึ้นอยู่กับระบบโครงตารางหรือ โครงสร้างอื่น ๆ มีรูปแบบผังภายในที่หลากหลาย และมีข้อดีคือ ประหยัดเวลาในการก่อสร้าง (Spangler, 2003)

2. โดมิโน โมดูล (Domino Module)

เป็นแนวคิดของ เลอ คอร์บูซิเออร์ ซึ่งนำทฤษฎีโมดูลาร์มาใช้กับระบบของโครงสร้าง คือ เป็นโครงสร้างพื้น และเสาคานสำเร็จรูป มีการก่อผนังในภายหลัง ชิ้นส่วนของโครงสร้างในระบบนี้สามารถประกอบกันได้สะดวก และมีขนาดมาตรฐาน สามารถผลิตได้เป็นจำนวนมากในแต่ละครั้ง นอกจากนี้ยังสามารถขยายและต่อเติมตัวบ้านได้ แต่แม้ว่าจะเป็นการใช้ระบบ โมดูลาร์ในการก่อสร้าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก็จริง แต่ไม่ได้ลดเวลาในการก่อสร้างหน้างาน หรือการตกแต่งภายในมาก เท่าที่ควร จึงยังไม่ตรงกับความต้องการของตลาดบ้านแบบโมดูลาร์มากนัก

3. การแยกส่วนประกอบต่อหน่วย (Unitized Component Modular)

เป็นการฉีกรูปแบบการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปเป็นหลัง โดยการประกอบกันของแต่ละส่วนประโยชน์ใช้สอยแทน เช่น แยกครัว ห้องน้ำ ห้องนอน เป็นต้น โดยแต่ละส่วนการใช้งานพื้นฐาน จะถูกสร้างแยกออกจากกัน และขึ้นอยู่กับความต้องการของเจ้าของบ้านว่าจะต้องการส่วนประโยชน์ ใช้สอยใดบ้าง เป็นจำนวนเท่าไหร่ ทั้งนี้แต่ละส่วนจะถูกสร้างในโรงงานเช่นกัน และนำไปประกอบ เข้าด้วยกันที่หน้างาน และแต่ละโมดูลจะมีโครงสร้างเป็นของตัวเอง มีข้อจำกัดตรงที่ว่าแต่ละส่วนของการใช้งานจะถูกกำหนดขนาดความกว้าง ความสูง และลักษณะการใช้งานเฉพาะ จะปรับเปลี่ยนการใช้สอยยาก (ฐิตยา สารฤทธิ์, 2553)

4. การออกแบบในระบบตาราง

เป็นการออกแบบโดยใช้ระบบตาราง คือทุกส่วนประกอบของบ้านจะถูกออกแบบให้มีสัดส่วน เรขาคณิตลงตัวเท่ากัน หรือเป็นสัดส่วนขยายที่ลงตัว คำนึงไปถึงรูปแบบการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ของผู้อยู่อาศัยมากกว่าความสวยงาม มักจะแยกเป็นแผ่นชิ้นส่วน จึงง่ายต่อการขนส่ง พร้อมทั้งสามารถขยายสัดส่วนไปในแนวตั้งได้ แต่ยังจำเป็นต้องใช้แรงงานช่างพอสมควรในการประกอบแผ่นผนังเมื่อติดตั้ง โดยการออกแบบในระบบตารางนั้นนอกจากจะเป็นโครงสร้างภายนอกแล้วยังสามารถนำไปใช้ในการแบ่งระบบการก่อสร้าง (วิมลสิทธิ์ หรยางกูร, 2539)

2.1.3 กระบวนการออกแบบอาคารโดยใช้ระบบประสานทางพิกัด

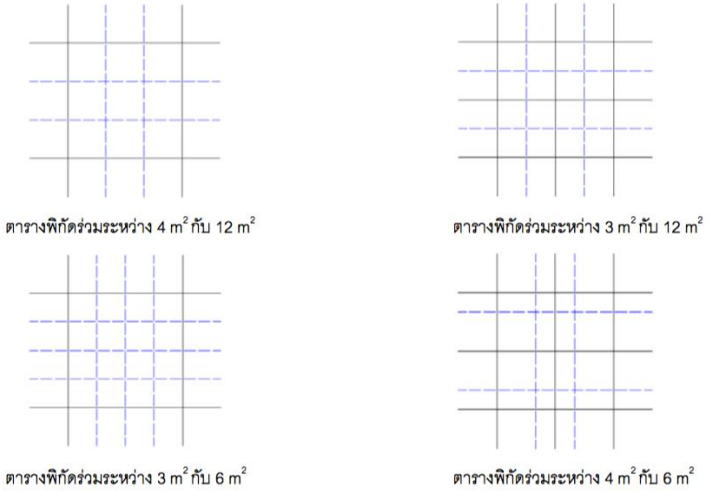
1. การวางผังอาคารตามระบบพิกัดมูลฐาน

ในขั้นตอนการวางผังอาคาร เรื่องขนาดอาคารและสัดส่วนของวัสดุก่อสร้างเป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้ออกแบบต้องทำความเข้าใจและวางแผนอย่างดี ซึ่งในระบบประสานทางพิกัด ขั้นตอนในการวางผังอาคารจะใช้ระบบพิกัดมูลฐานในการวางผัง โดยจัดการวางผังให้อยู่ในรูปตารางทางพิกัดหรือพิกัดแผงผัง ซึ่งข้อดีของการใช้ตารางพิกัดจะทำให้การออกแบบการก่อสร้างหรือการออกแบบหน่วยประกอบที่จะมีความเชื่อมโยงกับอาคารไม่ขัดแย้งกัน มีความต่อเนื่อง ทำให้ตำแหน่งของชิ้นส่วนประกอบกับมิติประสานไม่คลาดเคลื่อน โดยตารางพิกัดจะพิจารณาจากหน่วยพิกัดมูลฐาน (Basic Module) หรือค่าหน่วยคูณทางพิกัด (Multi Module) และขนาดมาตรฐานของวัสดุผลิตทางอุตสาหกรรม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยหน่วยคูณพิกัดนี้ สามารถนำมาใช้เป็นหน่วยพิกัดที่สามารถแสงออกเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส ตารางสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือตารางสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ก็ได้ ซึ่งตารางพิกัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส จะเป็นตารางที่ใช้ได้ในขอบเขตที่ใหญ่กว่ารูปแบบอื่นและเหมาะสมกับระบบประสานทางพิกัดมากที่สุด

โดยขนาดของหน่วยพิกัดแผนผัง อาจใช้เท่ากับ 3M, 4M, 9M หรือ 12M แล้วแต่การพิจารณาของผู้ออกแบบ (Mคือ มิติมูลฐาน (Basic Dimension) ที่ได้กำหนดใช้ขึ้น สำหรับในประเทศไทยจะมีค่าเท่ากับ 10 ซม. ตามกำหนดมาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์ กระทรวง อุตสาหกรรม) ในหลักการประสานทางพิกัด M เป็นหน่วยพิกัดมูลฐาน (Basic Module) แล้วแต่การพิจารณาของผู้ออกแบบ แต่ด้วยหลักการที่ถูกต้อง หน่วยพิกัดแผนผังจะต้องมีความสัมพันธ์กับมิติตามพิกัดของ วัสดุผลิตทางอุตสาหกรรม ถ้าไม่มีความสัมพันธ์กันเราจะไม่สามารถออกแบบอาคารที่มีการประสานทางพิกัดได้โดยสมบูรณ์ได้ (เรืองศักดิ์ กันตะบุตร, 2529)



ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะตารางพิกัดในรูปแบบต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

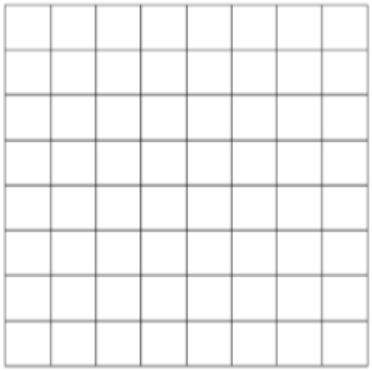
จากภาพที่ 2.1 สามารถตั้งข้อสังเกตได้ว่า

- ตารางพิกัดแผนผังที่มีขนาดพิกัด 3M, 4M จะอยู่ร่วมกับตารางที่มีขนาด 12M ได้
- ตารางที่มีขนาดพิกัด 3M จะอยู่ร่วมกับตารางพิกัดที่มีขนาด 6M ได้
- ตารางพิกัดที่มีขนาดพิกัด 4M จะอยู่ร่วมกับตารางพิกัดที่มีขนาด 6M ไม่ได้

นั่นก็หมายความว่า การผลิตวัสดุ และการเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ร่วมกันในอาคาร จะต้องพิจารณาตาราง พิกัดร่วมกันดังกล่าวด้วย เพราะวัดสุต่างประเภทกัน มีการผลิตโดยใช้พิกัดมูลฐานขนาดเดียวกัน แต่ขนาดพิกัดตาม การผลิตอาจไม่ประสานกลมกลืนกัน เมื่อมีการใช้ร่วมกันจะไม่ได้ความงาม และความสมบูรณ์ในหลักของการประสานทางพิกัด

การจัดตารางตามพิกัด หรือตารางพิกัดแผนผัง แบ่งออกได้เป็น 2 วิธีคือ

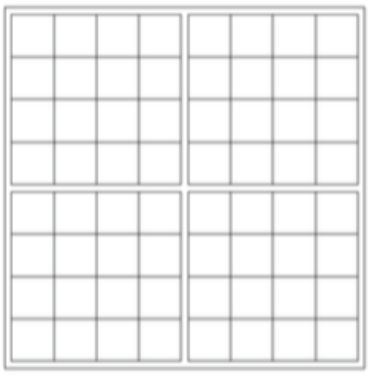
1.1 ตารางพิกัดแบบต่อเนื่อง คือ ตารางพิกัดที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน เช่น การออกแบบอาคารที่ต้องการใช้ตารางพิกัดให้ต่อเนื่องเป็นผืนเดียวกันทุกห้องทั้ง อาคาร ลวดลายของกระเบื้องปูพื้นที่เมื่อปูแล้วไม่ลงตัวเต็มขนาดพิกัดเนื่องจากถูกเบียดด้วยขนาด ความหนาของโครงสร้าง หรือผนังที่กั้นห้อง



ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะตารางพิกัดแบบต่อเนื่อง

1.2 ตารางพิกัดแบบไม่ต่อเนื่อง คือ ตารางพิกัดที่ถูกแบ่งแยกให้เป็นอิสระออกจากกัน โดย ตารางจะถูกแยกออกเป็นส่วนๆ โดยมีส่วนประกอบของอาคารที่ไม่ลงพิกัดกั้นขวางอยู่เป็นระยะๆ หรือมีมิติของพิกัดที่แตกต่างกันมากั้นขวางตารางแบบต่อเนื่องออกจากกัน เช่น ลวดลายของกระเบื้องปูพื้น ซึ่งแสดงถึงตารางพิกัดที่ใช้ออกแบบ เราอาจออกแบบให้ ลวดลายของพื้นมีมิติที่ลงตัวเฉพาะแต่ละห้องซึ่งถูกแบ่งด้วยผนังห้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะตารางพิกัดแบบไม่ต่อเนื่อง

ในการกำหนดตารางพิกัดเพื่อใช้ในการออกแบบนั้น เราสามารถใช้ตารางพิกัด แบบต่อเนื่อง หรือแบบไม่เนื่องก็ได้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในด้านต่างๆ เช่น ลักษณะรูปทรงของ อาคาร ขนาด หรือมิติของส่วนประกอบอาคาร วัสดุที่ใช้ตกแต่ง ขนาดของโครงสร้าง ความยากง่าย ในการประกอบ หรือก่อสร้าง เป็นต้น

2.การออกแบบชิ้นส่วนประกอบอาคารทางพิกัด (Design of Modular Components)

วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบชิ้นส่วนประกอบอาคารทางพิกัด ก็เพื่อที่จะผลิตชิ้นส่วนนั้นขึ้นมาให้สามารถใช้ได้อย่างแพร่หลายในงานก่อสร้างอาคารทั่วไป โดยต้องมีการพิจารณาถึงมิติและรายละเอียดของส่วนประกอบอาคารทางพิกัดนั้นๆ อย่างละเอียด และทั่วถึงก่อนที่จะนำไปใช้งาน โดยมีวิธีการในการออกแบบดังต่อไปนี้

2.1 การเลือกส่วนประกอบอาคาร (Choice of Component) จะต้องมีการกำหนดมิติของชิ้นส่วนประกอบอาคารทางพิกัดแบบต่างๆ โดยเลือกเอาส่วนประกอบที่มีความสำคัญ จะต้องมีการผลิตหรือใช้เป็นจำนวนมากออกมาทำการออกแบบก่อน

2.2 การกำหนดขอบเขตที่ใช้ได้ (Range of Applicability) จำนวนงานที่จะต้องทำสำหรับกำหนดมิติของส่วนประกอบทางพิกัดโดยทั่วไป จะเพิ่มขึ้นตามขอบเขตที่ใช้ ได้ของส่วนประกอบที่ต้องการการกำหนดรายละเอียดของส่วนประกอบทางพิกัด (Modular Components) จึงขึ้นอยู่กับ

2.2.1 ชนิดของอาคารที่จะนำเอาชิ้นส่วนประกอบอาคารไปใช้ เช่น อาคารที่อยู่อาศัย อาคารสำนักงาน โรงเรียน ซึ่งประเภทของอาคารจะเป็นตัวกำหนดการออกแบบชิ้นส่วนประกอบอาคาร ทั้งในด้านของ ขนาดโครงสร้าง และความแข็งแรง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.2 ความสลับซับซ้อนของแบบแปลนอาคาร ที่จะนำชิ้นส่วนประกอบอาคารไปใช้

2.2.3 ความสูงของอาคารที่จะนำชิ้นส่วนไปใช้ จะเป็นตัวกำหนดการออกแบบในด้านการรับน้ำหนัก และการต้านทานแรงกระทำจากแรงลม

2.2.4 ระบบโครงสร้างของอาคาร เป็นระบบโครงสร้างแบบเสา-คาน หรือเป็นระบบผนังรับน้ำหนัก

2.2.5 วัสดุที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนประกอบอาคาร ซึ่งจะมีผลต่อการกำหนดความเบี่ยงเบนมิติ และเกณฑ์ ความคลาดเคลื่อน

2.3 การกำหนดขนาดมิติตามพิกัดของส่วนประกอบ (Nominal Modular Dimension of The Components) ในขั้นตอนที่ 1 และ 2 เมื่อเลือกชนิด และลักษณะของชิ้นส่วนประกอบอาคารได้แล้ว ผู้ออกแบบอาจจะสามารถประมาณ มิติของส่วนประกอบอาคารอย่างคร่าวๆ ได้ โดยอาศัยรายละเอียดของส่วนประกอบ จุดประสงค์ ในการใช้ และความรู้ทางด้านวัสดุ และกรรมวิธีในการผลิตมาประกอบกัน เพื่อพิจารณาหา ”ขนาดมิติตามพิกัด” ของ ส่วนประกอบอาคารออกมาได้

2.4 การกำหนดชิ้นส่วนประกอบอาคาร ในการกำหนดชิ้นส่วนประกอบอาคาร ผู้ออกแบบควรจะได้มีการพิจารณา และเอาใจใส่ถึงรายละเอียด (Details) ของรอยต่อต่างๆ ความเบี่ยงเบนทางพิกัด และความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้น โดยเฉพาะรายละเอียดด้าน รอยต่อ และวิธีการต่อส่วนประกอบ ซึ่งถ้ามีการกำหนดรูปแบบรายละเอียดตั้งแต่ต้น ผู้ออกแบบก็จะสามารถที่จะ กำหนดรายละเอียดดังกล่าวลงไปในตารางตามพิกัดเพื่อตรวจสอบได้

วิธีการต่อส่วนประกอบที่มีใช้กันอยู่มี 4 วิธี คือ

2.4.1 ส่วนประกอบที่ต่อกันโดย ช่องว่างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่องรอยต่อ

2.4.2 ส่วนประกอบที่ต่อกันโดย ช่องว่างมากกว่าครึ่งหนึ่งของช่องรอยต่อ

2.4.3 ส่วนประกอบที่ต่อกันโดย ช่องว่างน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของช่องรอยต่อ

2.4.4 ส่วนประกอบที่ต่อกันโดย ไม่มีช่องว่างต้องพิจารณามิติพิกัดใหม่

2.5 การกำหนดความแตกต่างส่วนประกอบอาคาร (Variants of Components) เมื่อชิ้นส่วนประกอบอาคารได้รับการออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้ในการก่อสร้างอาคารแล้ว ผู้ออกแบบจะต้องตรวจสอบหาส่วนประกอบที่มีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะความแตกต่างในหน้าที่ของชิ้นส่วนนั้นๆ ซึ่งจะมีผลต่อรูปแบบ และลักษณะพิเศษเฉพาะของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น ที่จะต้องได้รับการออกแบบเป็นพิเศษ เช่น ชิ้นส่วนของผนังที่ทำหน้าที่เป็นผนังรับน้ำหนัก จะต้องมีความหนาที่มากกว่าชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นผนังธรรมดา เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การวางตำแหน่งพิกัดของชิ้นส่วนประกอบอาคาร

ก่อนที่จะทำการวางตำแหน่งของชิ้นส่วนประกอบอาคาร ผู้ออกแบบจำเป็นจะต้องมีความเข้าใจในเรื่อง ของ“มิติ” (Dimensions) ในระบบประสานทางพิกัดให้ดีเสียก่อน การเข้าใจใน “มิติ” จะทำให้ผู้ออกแบบสามารถที่จะเลือกส่วนประกอบที่สำคัญของอาคารได้ในขั้นตอนการออกแบบ เพื่อให้ได้ขนาด และสัดส่วนที่เหมาะสม โดยเฉพาะการกำหนดขนาดมิติตามพิกัดของส่วนประกอบอาคารชิ้นนั้นที่จะสามารถวางลงในช่องตารางวางผังได้อย่างพอดี เมื่อเลือกชนิด และลักษณะของส่วนประกอบอาคารได้แล้ว ในขั้นต่อไป ให้ผู้ออกแบบกำหนดตำแหน่งของส่วนประกอบต่างๆ ลงไปในตารางตามพิกัด (Modular Grid) พร้อมกับการลงรายละเอียดอื่นๆ ในกรณีที่มี ไปในช่องตารางวางผังที่ได้จัดเตรียมไว้ ตามลำดับการวางตำแหน่งของส่วนประกอบ ดังต่อไปนี้

3.1 การวางตำแหน่งพื้น โดยวางตำแหน่งของชิ้นส่วน Slab พื้นลงไปตามเส้นตารางวางผัง เพื่อให้พิกัด ต่างๆ สามารถที่จะบรรจุลงในตารางได้พอดี

3.2 การวางตำแหน่งเสา-คาน จะวางในตำแหน่งที่เป็นเส้นแกนของโครงสร้างบนเส้นตาราง หรือ (อยู่ในเขตเป็นกลางสำหรับตารางไม่ต่อเนื่อง)

3.3 การวางตำแหน่งของผนัง ใช้วิธีการเดียวกัน โดยควรที่จะมีการตรวจสอบให้เส้นขอบรอยต่อของชิ้นส่วนผนังจรดกับเส้นตารางที่เป็นเส้นควบคุมพอดี

การวางส่วนประกอบของอาคารบนแผนผังในขั้นตอนการออกแบบนี้ ผู้ออกแบบควรจะได้มีการตรวจสอบ ถึงระบบระเบียบ และวิธีการในการประกอบติดตั้ง และการผลิตชิ้นส่วนที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้าง เนื่องจากความแตกต่างในการผลิตของผู้ผลิตแต่ละราย จะทำให้มีผลต่อความเหมาะสม และความสะดวกรวดเร็วในการนำชิ้นส่วน เหล่านั้นมาใช้สอยในลักษณะที่ต้องการ โดยเฉพาะรายละเอียดด้านรอยต่อ และวิธีการต่อส่วนประกอบ ซึ่งถ้าได้มีการกำหนดรูปแบบของรอยต่อ และวิธีการติดตั้งอย่างรายละเอียด ผู้ออกแบบก็สามารถที่จะตรวจสอบความเหมาะ สมของรายละเอียดนั้นในตารางพิกัดได้ทันที โดยเฉพาะในกรณีที่ชิ้นส่วนนั้นจะต้องมีการเชื่อมต่อกับชิ้นส่วนประกอบอาคารทางพิกัดอื่น ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันตามหน้าที่และลักษณะการใช้งาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. การปรับปรุงแก้ไขส่วนประกอบต่างพิกัด

ในการออกแบบทางพิกัด อาจมีวัสดุหรือชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ไม่เป็นไปตามพิกัดที่กำหนด ถูกนำมาใช้เป็น ส่วนประกอบของอาคาร ซึ่งชิ้นส่วนเหล่านั้นอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อเนื่องตามมาตั้งแต่ในขั้นตอนของการวางตารางพิกัดแผนผังได้ โดยเฉพาะถ้าชิ้นส่วนเหล่านั้นเป็นส่วนประกอบขนาดใหญ่ เช่น ประตู หน้าต่าง หรือเป็นชิ้นส่วนที่มีหน้าที่สำคัญ เช่น ผนังรับน้ำหนัก จะต้องพิจารณาแก้ไขให้แล้วเสร็จก่อนเป็นอันดับต้นๆ ส่วนชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักของอาคาร และเป็นชิ้นส่วนที่ไม่ได้ขนาดตามพิกัด เช่น เสา คาน ควรจะพิจารณาเป็นอันดับสุดท้ายของการวาง ผัง โดยจะต้องได้รับ

การพิจารณาในเรื่องของพิกัดทางการปฏิบัติ (Handling Module) และพิกัดทางการผลิต (Production Module) เช่นเดียวกันกับชิ้นส่วนโครงสร้างขนาดใหญ่

5. การกำหนดตารางพิกัดของส่วนประกอบในรูปด้าน และรูปตัดของอาคาร

การออกแบบตารางในส่วนรูปด้าน และรูปตัด นอกจากจะทำให้ผู้ออกแบบเห็นถึงส่วนประกอบต่างๆ ของอาคาร ที่ถูกแสดงให้เห็นตามการออกแบบแล้ว ผู้ออกแบบยังสามารถที่จะตรวจสอบความถูกต้อง และรูปร่างหน้าตา ที่ปรากฏออกมาของอาคาร ว่าเป็นไปตามความต้องการหรือไม่อย่างไร

6. การจัดทำแบบร่าง และแบบรายละเอียด

หลังจากการจัดทำตารางตามพิกัดพร้อมกับใส่ตำแหน่งส่วนประกอบอาคารแล้ว ผู้ออกแบบจะได้แบบร่างที่ ประกอบขึ้นด้วยรูปร่างของพื้นที่ ตำแหน่งของส่วนประกอบต่างๆ ที่แสดงให้เห็นการใช้สอยอาคารว่า ถูกต้องสมบูรณ์ ตามความต้องการมากน้อยเพียงใด ต้องมีการแก้ไขในส่วนใดบ้าง เพื่อที่จะให้เกิดความเหมาะสมมากที่สุด หลังจาก นั้นจึงจัดทำแบบรายละเอียดของส่วนประกอบต่างๆ ซึ่งจะมีความจำเป็นอย่างมากในระหว่างขั้นตอนการผลิต และ การก่อสร้างอาคาร แบบก่อสร้างที่ได้มาจะสามารถนำไปผลิตเป็นชิ้นส่วนของอาคาร เพื่อนำไปทำการก่อสร้างต่อไป ด้วยระบบการก่อสร้างแบบ Knock Down ที่เกิดจากระบบการออกแบบทางพิกัด

จากการศึกษาระบบประสานทางพิกัด หรือระบบโมดูลาร์ ในการนำมาพัฒนาการออกแบบขยะขวดน้ำดื่มพลาสติกเพื่อใช้ในการปรับปรุงผนังอาคารบ้านพักอาศัยในชุมชนแออัด เพื่อให้เหมาะสมกับชุมชนกรณีศึกษา ชุมชนศรัทธาวัดหัวฝาย ที่มีลักษณะอาคารบ้านพักอาศัยในรูปแบบเดียวกัน สามารถสรุปสาระสำคัญของกระบวนการในการออกแบบโดยมุ่งเน้นไปที่ระบบประสานทางพิกัดได้ดังนี้

1. การกำหนดพิกัดของชิ้นส่วนอาคารบ้านพักอาศัยออกมาในรูปแบบตารางพิกัด

2. การออกแบบชิ้นส่วนประกอบให้มีขนาดที่เหมาะสมเข้ากับตารางพิกัดได้พอดี

3. การวางตำแหน่งของชิ้นส่วนประกอบ การออกแบบระบบเชื่อมต่อ รายละเอียดด้านรอยต่อ และวิธีการต่อส่วนประกอบ

4. การออกแบบตารางในส่วนรูปด้าน และรูปตัด เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และรูปร่างหน้าตา ที่ปรากฏออกมาของอาคาร

5. จัดทำแบบร่างเพื่อแสดงรูปร่างของพื้นที่ ดูความสมบูรณ์ นำสู่การก่อสร้างต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 แนวคิดการนำขวดพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ด้วยการออกแบบ

การศึกษานี้เพื่อให้ทราบรายละเอียดของขวดน้ำดื่มพลาสติก ศักยภาพและคุณลักษณะของขวดน้ำดื่มพลาสติก เพื่อวิพากษ์ข้อมูลทั้งหมด เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบปรับปรุงผนังบ้านพักกอาศัยในชุมชนแออัด

2.2.1 ประเภทของพลาสติก

พลาสติกที่ถูกนำมาใช้ในปริมาณมากในปัจจุบันมีอยู่หลายชนิดที่สามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ จึงมีการใส่สัญลักษณ์ตัวเลขเพื่อให้ง่ายต่อการแบ่งประเภทของพลาสติก ตัวเลขทั้ง 7 ตัวนี้ จะอยู่ในสัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยมที่มีลูกศรสามตัววิ่งตามกันและมักพบบริเวณก้นของภาชนะพลาสติก (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2550)

1. โพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate, PET)

PET ทนแรงกระแทก ไม่เปราะแตกง่าย สามารถทำให้ใสมาก มองเห็นสิ่งที่บรรจุอยู่ภายในจึงนิยมใช้บรรจุน้ำดื่ม น้ำมันพืช และเครื่องสำอาง นอกจากนี้ขวด PET ยังมีสมบัติป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซได้เป็นอย่างดี จึงใช้เป็นภาชนะบรรจุน้ำอัดลม PET สามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้ โดยนิยมนำมาผลิตเป็นเส้นใยสำหรับทำเสื้อกันหนาว พรมและเส้นใยสังเคราะห์สำหรับยัดหมอน หรือเสื้อสำหรับเล่นสกี

2. โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE)

HDPE โพลิเอทธิลีนชนิดหนาแน่นสูงมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นสายตรง ค่อนข้างแข็งแต่ยืดได้มาก ไม่แตกง่าย ส่วนใหญ่ทำให้มีสีสันสวยงาม ยกเว้นขวดที่ใช้บรรจุน้ำดื่ม ซึ่งจะขุ่นกว่าขวด PET ราคาถูกขึ้นรูปได้ง่าย ทนสารเคมีจึงนิยมใช้ทำบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำยาทำความสะอาด แชมพูสระผม แป้งเด็ก และถุงหูหิ้ว นอกจากนี้ภาชนะที่ทำจาก HDPE ยังมีสมบัติป้องกันการแพร่ผ่านของความชื้นได้ดี จึงใช้เป็นขวดนมเพื่อยืดอายุของนมให้นานขึ้น HDPE สามารถนำกลับมารีไซเคิลเพื่อผลิตขวดต่างๆ เช่น ขวดใส่น้ำยาซักผ้า แท่งไม้เทียมเพื่อใช้ทำรั้วหรือม้านั่งในสวน

3. โพลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride,PVC)

เป็นพลาสติกแข็งใช้ทำท่อ เช่น ท่อน้ำประปา แต่สามารถทำให้นิ่มได้ ใช้ทำสายยางใส แผ่นฟิล์มสำหรับห่ออาหาร ม่านในห้องอาบน้ำ แผ่นกระเบื้องยาง แผ่นพลาสติกปูโต๊ะ PVC เป็นพลาสติกที่มีสมบัติหลากหลาย สามารถนำมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์อื่นได้อีกมาก เช่น ประตู หน้าต่าง วงกบ และหนังเทียม PVC สามารถนำกลับมารีไซเคิล เพื่อผลิตท่อประปาสำหรับการเกษตร กรวยจราจร และเฟอร์นิเจอร์ หรือม้านั่งพลาสติก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE)

LDPE เป็นพลาสติกที่นิ่ม สามารถยืดตัวได้มาก มีความใส นิยมนำมาทำเป็นฟิล์มสำหรับห่ออาหารและห่อของ ถุงใส่ขนมปัง และถุงเย็นสำหรับบรรจุอาหาร LDPE สามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้ โดยใช้ผลิตเป็นถุงดำสำหรับใส่ขยะ ถุงหูหิ้ว หรือถังขยะ

5. โพลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP)

PP เป็นพลาสติกที่แข็ง ทนต่อแรงกระแทกได้ดี ทนต่อสารเคมี ความร้อน และน้ำมัน ทำให้มีสีสันสวยงามได้ ส่วนใหญ่นิยมนำมาทำภาชนะบรรจุอาหาร เช่น กล่อง ชาม จาน ถัง ตะกร้า หรือกระบอกสำหรับใส่น้ำแช่เย็น PP สามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้ โดยนิยมผลิตเป็นกล่องแบตเตอรี่รถยนต์ ชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น กันชน และกรวยสำหรับน้ำมัน

6. โพลิสไตรีน (Polystyrene, PS)

PS เป็นพลาสติกที่แข็ง ใส แต่เปราะ และแตกง่าย ราคาถูก นิยมนำมาทำเป็นภาชนะบรรจุของใช้ เช่น เทปเพลง สำลี หรือของแห้ง เช่น หมูแผ่น หมูหยอง และคุ้กกี้ เนื่องจาก PS เปราะและแตกง่าย จึงไม่นิยมนำพลาสติกประเภทนี้มาบรรจุน้ำดื่มหรือแชมพูสระผม เนื่องจากอาจลื่นตกแตกได้ มีการนำพลาสติกประเภทนี้มาใช้ทำภาชนะหรือถาดโฟมสำหรับบรรจุอาหาร โฟมจะมีน้ำหนักที่เบามาก เนื่องจากประกอบด้วย PS ประมาณ 2-5 % เท่านั้น ส่วนที่เหลือเป็นอากาศที่แทรกอยู่ในช่องว่าง PS สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยนิยมผลิตเป็นไม้แขวนเสื้อ กล่องวีดีโอ ไม้บรรทัด หรือ ของใช้อื่นๆ

7. พลาสติกอื่นๆ ที่ไม่ใช่ 6 ชนิดแรก หรือไม่ทราบว่าเป็นพลาสติกชนิดใด

ปัจจุบันเรามีพลาสติกหลายชนิดให้เลือกใช้ พลาสติกที่ใช้ในครัวเรือนส่วนใหญ่สามารถนำกลับมารีไซเคิลเพื่อหลอมใช้ใหม่ได้ การมีสัญลักษณ์ตัวเลข ทำให้เราสามารถแยกพลาสติกออกเป็นชนิดต่างๆ เพื่อนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้ง่ายขึ้น สำหรับพลาสติกในกลุ่มที่ 7 เป็นพลาสติกชนิดอื่นที่ไม่ใช่ 6 ชนิดแรก นอกจะมีตัวเลขระบุแล้ว ควรใส่สัญลักษณ์ภาษาอังกฤษระบุชนิดของพลาสติกนั้นๆ ไว้เพื่อสะดวกในการแยกและนำกลับมารีไซเคิล เช่น โพลิคาร์บอเนต (Polycarbonate, PC)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รหัส	เรซิน	การใช้ประโยชน์	ผลิตภัณฑ์รีไซเคิล
PETE	โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylne terephthalate)	ภาชนะสำหรับใส่เครื่องดื่ม ใส่อาหารร้อน	ผลิตเส้นใยโพลิเอสเตอร์ เช่น เสื้อกันหนาว พรม
HDPE	โพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (high density polyethylene)	ขวดใส่นม ขวดแชมพู ขวดน้ำยาซักผ้า	เฟอร์นิเจอร์ เช่น ศาลา ม้านั่ง
V	ไวนิล (vinyl) หรือโพลิไวนิลคลอไรด์(polyvinylchloride)	แผ่นฟิล์มฉนอมอาหาร ฉนวนหุ้มสายไฟ สายยางใส ท่อน้ำประปา	กรวยจราจร ท่อน้ำประปาสำหรับการเกษตร
LDPE	โพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene)	ฟิล์มห่ออาหาร ถุงพลาสติก แผ่นฟิล์ม	ถุงดำใส่ขยะ ถังขยะ ตู้จดหมาย
PP	โพลิโพรพิลีน (polypropylene)	ถุงใส่ของชำ กล่องบรรจุอาหาร ภาชนะห่ออาหาร	กล่องแบตเตอรี่รถยนต์ กันชนรถยนต์
PS	โพลิสไตรีน(polystyrene)	ช้อน โฟมกันกระแทก ถ้วยไอศกรีม	ไม้แขวนเสื้อ ไม้บรรทัด
Other	อื่นๆ	ภาชนะบรรจุอาหาร เช่น ขวดน้ำมะเขือเทศ ขวดน้ำส้ม น้ำมะนาว	ท่อนไม้พลาสติก ผลิตภัณฑ์พลาสติกอื่นๆ

ภาพที่ 2.4 ประเภทของพลาสติกชนิดต่างๆ

(ที่มา : ระบบเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย)

โดยพลาสติกที่ผู้ศึกษาเลือกนำมาใช้ในการออกแบบ เป็น พลาสติกประเภทโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ จากพลาสติกที่มีการใช้งานปริมาณมาก พลาสติกประเภทนี้ยังเป็นกลุ่มของผลิตภัณฑ์ใกล้ตัวที่ทุกบ้านทุกครัวเรือนใช้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภทขวดน้ำดื่มพลาสติก และกำลังอยู่ในภาวะเสี่ยงในการเป็นปัญหาภาวะขยะ โดยตอนนี้กำลังกลายเป็นปัญหาใหญ่ “ขยะขวดน้ำดื่มพลาสติกล้นโลก” เนื่องจากขวดพลาสติกหากไม่เข้าสู่กระบวนการกำจัด ใช้การย่อยสลายด้วยตัวของขวดพลาสติกเองมีระยะเวลาย่อยสลายเองถึง 700 ปี และหากนำเข้ากระบวนการกำจัด ผลพวงในการกำจัดขยะพลาสติกล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม (Ok Nation, 2555) ผู้ศึกษาจึงเลือกพลาสติก PET ประเภทขวดน้ำดื่มพลาสติก ซึ่งโดยพื้นฐานขวดน้ำดื่ม มีคุณสมบัติ ที่มีความใส ทนแรงกระแทก ไม่เปราะแตกง่าย เหมาะสมต่อการนำมาใช้พัฒนาเป็นผนังอาคารบ้านพักอาศัยในชุมชนแออัดด้วยระบบโมดูลาร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.2 ประเภทของขวดน้ำดื่มพลาสติก(PET)

จากการศึกษาประเภทของขวดน้ำดื่มพลาสติก (PET) ที่มีในท้องตลาด พบว่ามีอยู่หลากหลายประเภทตามการบริโภค โดยผู้ศึกษานำขวดน้ำดื่มพลาสติกทั้งหมดที่พบในท้องตลาดมาวางคละรวมกัน และคัดแยกขวดเพื่อจัดกลุ่มให้สามารถมองศักยภาพของขวดพลาสติกแต่ละกลุ่มได้ โดยจะเลือกกลุ่มขวดพลาสติกที่เหมาะสมที่พอจะสามารถนำมาต่อยอดการออกแบบผนังบ้านพักอาศัยในชุมชนแออัดมากที่สุด จากการคัดแยกสามารถแบ่งออกขวดน้ำดื่มพลาสติกเป็น 3 กลุ่มตามตัวแปรดังนี้

1. รูปทรง (Shape)

1.1กลุ่มขวดน้ำดื่มพลาสติกทรงเหลี่ยม

รูปทรงขวดประเภทนี้ มีรูปทรงกรวยแหลมเข้าหาคอขวด ลากลงมาจนถึงท่อนกลางของขวดจะมีทรงเป็นเหลี่ยม มีมุม 4 มุม ไม่มีความโค้งเว้า โดยส่วนใหญ่จะมีการเซาะร่องขวด

ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะขวดน้ำดื่มพลาสติกรูปทรงเหลี่ยม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 กลุ่มขวดน้ำดื่มพลาสติกทรงมนโค้งเว้า

รูปทรงขวดประเภทนี้ มีทรงกรวยแหลมเข้าหาคอขวด ลากลงมาจนถึงท่อนกลางของขวด หรือท่อนล่าง จะมีการเว้าเข้า หรือมีทรงกลม โป่ง พอง ในบางท่อนแล้วแต่การออกแบบของแต่ละยี่ห้อ

ภาพที่ 2.6 แสดงลักษณะขวดน้ำดื่มพลาสติกรูปทรงมนโค้งเว้า

2. สี (Color)

2.1 ขวดพลาสติกสีใส

จัดกลุ่มตามลักษณะของวัสดุที่ไม่มีสี มองเห็นความใส โปร่งมองทะลุได้ ซึ่งเป็นศักยภาพหลักของขวดน้ำดื่มพลาสติก(PET)

ภาพที่ 2.7 ขวดน้ำดื่มพลาสติกที่มีความใส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 ขวดพลาสติกสีต่างๆ

ขวดพลาสติกรูปแบบนี้ เป็นการจัดกลุ่มตามลักษณะวัสดุพลาสติกที่มีสี แต่มีความโปร่งมองทะลุได้ มีหลากหลายสีตามการออกแบบของแต่ละยี่ห้อ โดยส่วนใหญ่ขวดสีจะเป็นลักษณะของขวดน้ำอัดลม และน้ำผลไม้ เครื่องดื่มชูกำลัง เช่น ขวดน้ำอัดลม Est ได้แก่ สีชมพู สีเขียว สีน้ำเงิน สีส้ม เป็นต้น ขวดน้ำอัดลมสไปรท์ที่มีสีเขียว รวมไปถึงสีเขียวนีออนของขวดน้ำดื่ม Mountain Dew เป็นต้น

ภาพที่ 2.8 ขวดน้ำดื่มพลาสติกที่มีสี

3. ขนาด (Size)

3.1 เนื่องจากความต้องการบริโภคของกลุ่มผู้บริโภคที่มีหลากหลาย ทำให้ขนาดของขวดน้ำดื่มพลาสติกมีอยู่หลายขนาดตามการใช้งาน โดยจะมีตั้งแต่ขนาดใหญ่ ปริมาตร 6 ลิตร จนถึงเล็กสุดที่ 220 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นไปตามความจุของปริมาตรน้ำ ซึ่งโดยส่วนใหญ่รูปแบบของขวดในความจุปริมาตรเท่ากันขวดพลาสติกจะมีความสูงในระดับใกล้เคียงกันเว้นแต่ลักษณะรูปร่าง ความโค้งเว้าของขวดจะแตกต่างกันไป โดยมีความคละกันของขวดสีและขวดใส

ภาพที่ 2.9 ขนาดขวดน้ำดื่มพลาสติกตามความจุของปริมาตรน้ำในแต่ละรูปแบบ

จากการศึกษาซึ่งผู้ศึกษาได้เลือกขวด 1500 มิลลิลิตร มาเป็น Pilot Study โดยมุ่งเน้นไปที่ขวดยี่ห้อ Nestle และ Minere ที่มีความเหมือนกันในทุกสัดส่วนทั้งความสูง ความโค้งเว้า ความมน ซึ่งเอื้อต่อการออกแบบในระบบโมดูลาร์ ที่มีสาระสำคัญในเรื่องระบบขนาดที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

ภาพที่ 2.10 ขวดน้ำดื่มพลาสติกยี่ห้อ Nestle และ Minere ที่มีรูปทรงเหมือนกัน

ภาพที่ 2.11 ขวดน้ำดื่มพลาสติกยี่ห้อ Nestle และ Minere

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

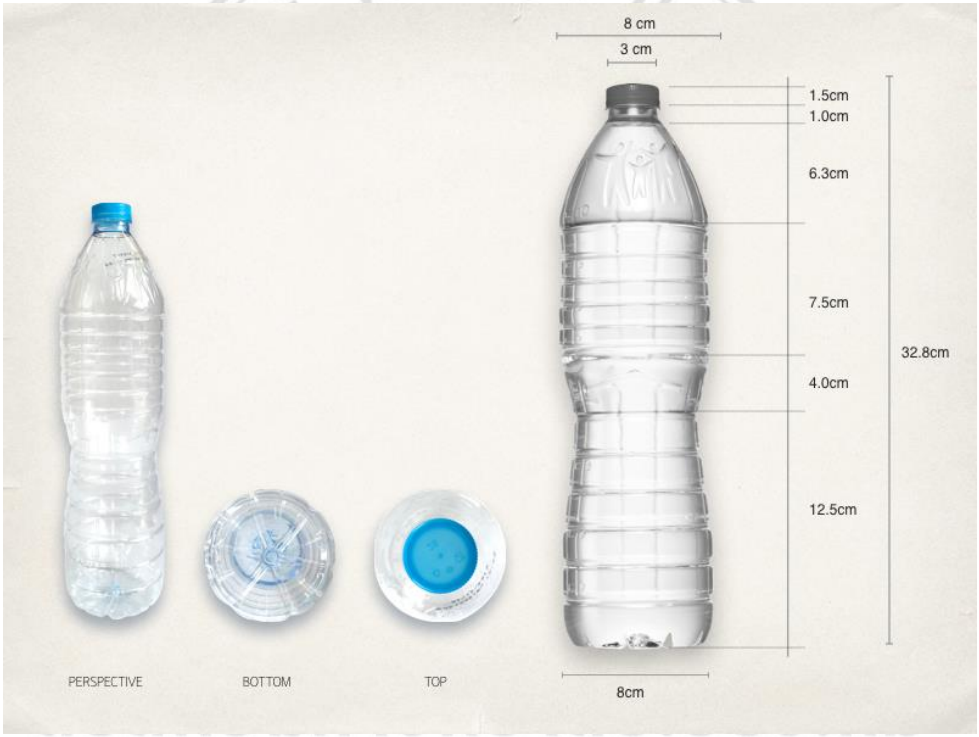
2.2.3 Pilot Study

การศึกษานี้เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาขวดน้ำดื่มพลาสติกสู่ผนังบ้านพักอาศัยด้วยระบบโมดูลาร์หรือระบบประสานทางพิกัด มุ่งเน้นถึงศักยภาพและการประกอบร่างของขวดน้ำดื่มพลาสติก โดยดึงเอาศักยภาพของขวดน้ำดื่มพลาสติก และหาแนวทางในการประกอบรูปขวดน้ำดื่มพลาสติกในเชิงโมดูลาร์ โดยขวดน้ำดื่มพลาสติกที่เลือกเป็น Pilot Study คือ ขวดน้ำดื่ม Nestle และ Minere ปริมาตรความจุ 1500 มิลลิลิตร โดยมีศักยภาพพื้นฐานของขวดพลาสติก PET คือ

โปร่งแสง โปร่งใส น้ำหนักเบา ทนต่ออุณหภูมิได้ 70-100 องศาเซลเซียส ทนแรงกระแทกได้ดี อายุการใช้งาน 5 ปี เปลี่ยนรูปร่างได้ เช่น การตัด บีบ อัด หลอม และมีลักษณะกายภาพเหมือนกันเพื่อให้การออกแบบมีความสัมพันธ์กันในระบบโมดูลาร์

1. ลักษณะกายภาพของขวดน้ำดื่มพลาสติก

ขนาดของขวดน้ำดื่มพลาสติก มีความสูง 32.8 เซนติเมตร กว้างสุดที่ฐาน 8 เซนติเมตร ภายในกลวง มีความโปร่งแสงโปร่งใส ไม่มีสี นอกจากฝาขวดมีความทึบสีฟ้า พื้นขวดมีลักษณะกลม และการเซาะร่อง หัวขวดมองจากด้านบน เป็นรูปทรงกลม มองขวดจากด้านข้าง ขวดมีลักษะโค้งเว้าบางส่วนสลับกับความตรงในบางส่วน สัดส่วนจึงไม่เท่ากัน ตัวขวดมีการเซาะร่องและปั๊มตรายี่ห้อ



ภาพที่ 2.12 ขนาดของขวดน้ำดื่มพลาสติกยี่ห้อ Nestle และ Minere ปริมาตร 1500 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

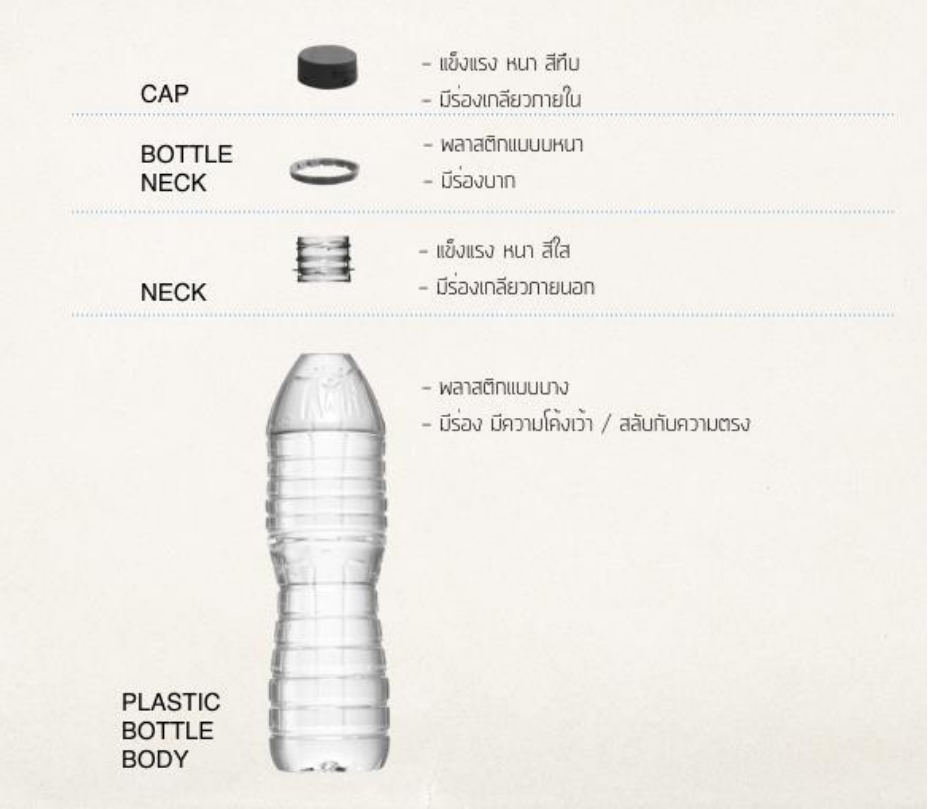
2. ส่วนประกอบของขวดน้ำดื่มพลาสติก

ส่วนประกอบของขวดน้ำดื่มพลาสติก ถอดออกได้เป็น 4 ส่วนประกอบ คือ ฝาขวด วงแหวนคอ รอยเกลียวคอขวด ตัวขวด ซึ่งในแต่ละส่วนมีคุณลักษณะ สามารถอธิบายได้ ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณลักษณะของส่วนประกอบขวดน้ำดื่มพลาสติก

ส่วนประกอบ	วัสดุ	สี	ลักษณะกายภาพ	คุณสมบัติ
ฝาขวด	พลาสติกทึบ แข็ง หนา	ฟ้า	ฝาทรงกระบอก รัศมีวงกลม มีร่องเกลียวภายใน	ปิดผนึกขวดน้ำ ไม่ให้เกิดการรั่วไหล
วงแหวนคอ	พลาสติกทึบ แข็ง หนา	ฟ้า	มีร่องบาก รอบวงแหวน เชื่อมติดกับฝาขวด	เชื่อมกับฝาขวดเป็นการบ่งชี้ร่องรอยการแกะขวด
รอยเกลียวคอขวด	พลาสติกแข็ง หนา โปร่งแสง โปร่งใส	ไม่มีสี	มีร่องเกลียวภายนอกรับกับเกลียวฝาขวด	รับเกลียวฝาขวดเพื่อปิดผนึกขวดน้ำไม่ให้เกิดการรั่วไหล
ตัวขวด	พลาสติกบาง โปร่งแสง โปร่งใส	ไม่มีสี	รัศมีความกว้างของแต่ละสัดส่วนไม่เท่ากัน รูปทรงตัวขวดจึงมีความโค้งเว้า และมีการเซาะร่องเป็นรอยหยักรอบตัวขวด	บรรจุน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.13 ส่วนประกอบของขวดน้ำดื่มพลาสติก

จะเห็นได้ว่าลักษณะกายภาพของส่วนประกอบแต่ละชิ้นของขวดน้ำดื่มพลาสติก เมื่อถอดออกมาจะมีคุณลักษณะและหน้าที่การทำงานแตกต่างกันไปตามการทำงาน ทำให้เกิดเทคนิคของแต่ละส่วนประกอบขึ้นเพื่อให้สัมพันธ์กับหน้าที่ในส่วนนั้นๆ เช่น ฝาขวดมีหน้าที่ปิดผนึก จึงมีร่องเกลียวที่รองรับด้วยเกลียวบริเวณคอขวดที่ทำหน้าที่เกลียวตัวผู้เกลียวตัวเมีย ปิดผนึกขวดน้ำดื่มพลาสติกไม่ให้รั่วไหล วงแหวนคอมีการบากรอบวงแหวนและเชื่อมต่อกับขวด การบากเป็นบางส่วนเพื่อให้การปิดผนึกไม่สนิทเกินไปจนยากแก่การเปิดขวด ตัวขวดมีการเซาะร่องและออกแบบรูปทรงโค้งเว้าเพื่อผ่อนแรงเนื่องจากวัสดุของขวดเป็นพลาสติกใสบาง ช่วยไม่ให้ขวดแตกได้ง่าย

จากลักษณะขวดที่มีขนาดสัดส่วนที่ไม่เท่ากัน อันเกิดจากการโค้งเว้าที่เกิดจากขนาดของรัศมีแต่ส่วน สามารถแบ่งส่วนขวดน้ำดื่มพลาสติกโดยใช้จุดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนของขนาดเป็นตัวแบ่งส่วน สามารถแบ่งได้อยู่ 4 ส่วน คือ ส่วนคอขวด ส่วนกลาง ส่วนข้อต่อ ส่วนล่าง โดยมีแต่ละส่วนมีลักษณะดังนี้

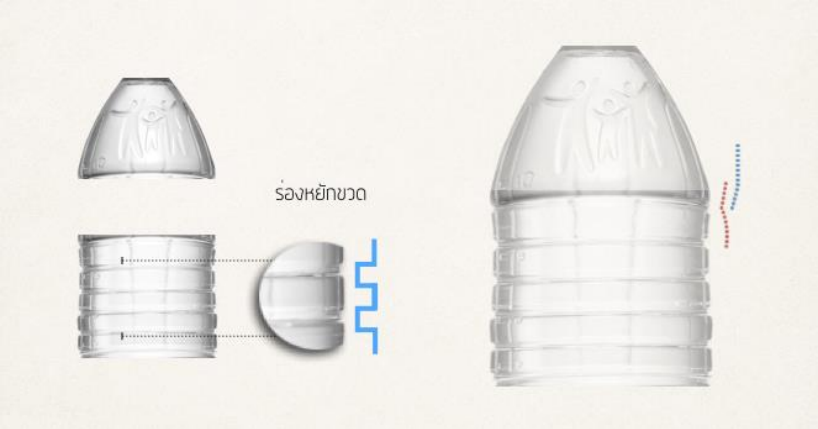
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.2 แสดงสัดส่วนของส่วนประกอบขวดน้ำดื่มพลาสติก

ส่วนของขวดพลาสติก	รูปภาพ	รูปทรง	พื้นผิว
ส่วนคอขวด		โค้งกลมจากคอขวดรัศมีแคบไปหารัศมีกว้าง เป็นทรงกรวยคว่ำ	ผิวเรียบ บางส่วนมีลวดลายการปั๊มโลโก้
ส่วนกลาง		ทรงกระบอก ตรง	มีการเซาะร่อง ทั้งหมด 5 ร่องหยัก โดยลักษณะของร่องหยักเมื่อขยายดู จะมีลักษณะเป็น ร่องสี่เหลี่ยมสลับขึ้นลงกันทั้งหมด
ส่วนข้อต่อ		ทรงถ้วย รัศมีกว้างไปหารัศมีแคบ	ส่วนนี้ทำให้ขวดเกิดความโค้งเว้า ไม่เท่ากันของตัวขวด ผิวเรียบมีการปั๊มโลโก้บางส่วน
ส่วนล่าง		รูปร่างไม่ตรงทั้งหมด เนื่องจากเป็นส่วนต่อส่วนรัศมีแคบของรอยต่อ ขยายไปจนมีขนาดเท่ากับส่วนกลาง ในรอยหยักที่ 4 ส่วนรัศมีกว้างที่สุดจะมีขนาดเท่ากับส่วนกลาง	เซาะร่อง ผิวไม่เรียบ

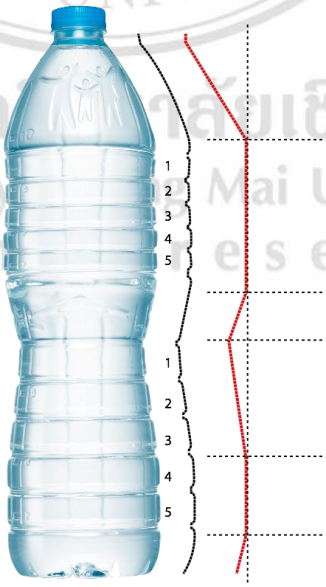
จะเห็นได้ว่าการแบ่งสัดส่วนของขวดน้ำดื่มพลาสติก ทำให้สามารถแบ่งรูปทรงของแต่ละส่วนของขวดน้ำดื่มพลาสติกได้อยู่ 3 รูปทรง คือ รูปทรงกระบอก รูปทรงโค้ง รูปทรงกระบอกกึ่งโค้ง โดยแต่ละส่วนจะมีจุดเชื่อมต่อกันและสัมพันธ์กัน ในแต่ละจุดของการเปลี่ยนรูปทรงจะมีร่องหยักที่

เกิดจากการเซาะร่องของขวดน้ำดื่มพลาสติก โดยร่องหยักของขวดเมื่อขยายรายละเอียดดู จะมีลักษณะมีร่องสี่เหลี่ยมมุมมีความมน สลับขึ้นลงกันไปมา ในแต่ละส่วนก็จะมีร่องหยักไม่เท่ากัน ตามการออกแบบของขวดน้ำดื่มพลาสติก



ภาพที่ 2.14 แสดงร่องหยักของขวดน้ำดื่มพลาสติกและภาพขยายของร่องหยัก

ด้วยลักษณะรูปทรงที่ไม่เท่ากัน รัศมีความกว้างของวงกลมแต่ละส่วนที่เล็กใหญ่แตกต่างกันไป แต่มีความเชื่อมโยงกัน ทำให้ขวดน้ำดื่มพลาสติกมีความโค้งเว้าสลับความตรง และมีการเซาะร่องในส่วนที่มีพื้นผิวสัมผัสหน้ากว้าง



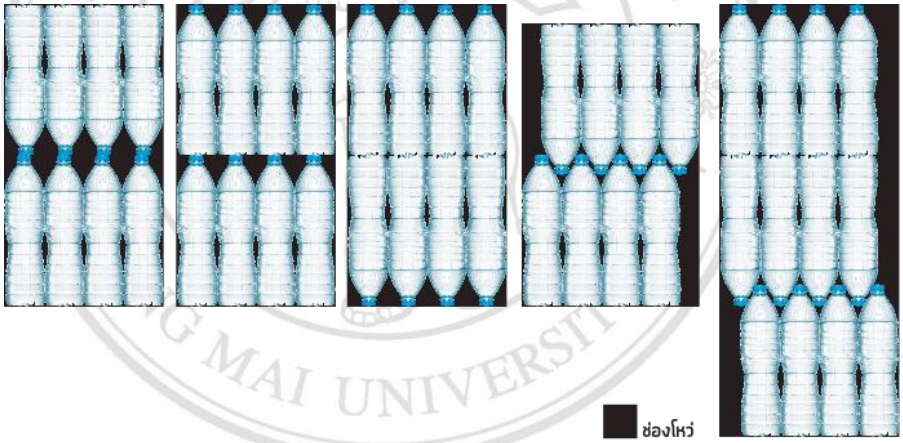
ภาพที่ 2.15 รูปทรงของขวดน้ำดื่มพลาสติกที่มีความตรงเป็นบางช่วงสลับกับความโค้งเว้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษา สามารถวิเคราะห์ลักษณะและศักยภาพของขวดน้ำดื่มพลาสติกได้ว่า ขวดน้ำดื่มพลาสติกเป็นวัสดุที่มีความโปร่งแสงโปร่งใส สามารถนำมาพัฒนาสู่การออกแบบ เพื่อใช้ประกอบร่างเป็นระบบทางสถาปัตยกรรมที่สามารถดึงแสงเข้าสู่บ้านพักอาศัยได้ รูปทรงของขวด หากลองตัดแบ่งดูแล้ว ในแต่ละส่วนจะมีรัศมีวงกลมที่ใหญ่เล็กไม่เท่ากัน ทำให้รูปทรงของขวดน้ำดื่มพลาสติก มีลักษณะตรงสลับเว้าเข้าออก มีการเซาะร่องในบางส่วนของขวด โดยลักษณะร่องมีความลึกลงเป็นช่องสี่เหลี่ยมลบมุมสลับขึ้นลง

3. การทดลองประกอบร่างขยะขวดน้ำดื่มพลาสติกสู่ระบบโมดูลาร์

การพัฒนาสร้างหน่วยย่อยจากขวดน้ำดื่มพลาสติกนำสู่การติดตั้งในระบบโมดูลาร์ เพื่อลดความหลากหลายในการออกแบบที่สามารถประกอบตัวสู่หน่วยรวมเพื่อเป็นผนังอาคารบ้านพักอาศัย จึงต้องศึกษาการทดลองประกอบร่างขวดน้ำดื่มพลาสติกเพื่อดูความเป็นไปได้ในการประกอบร่าง



ภาพที่ 2.16 ช่องโหว่ที่เกิดจากการประกอบขวดพลาสติกแบบที่ไม่ได้ดัดแปลงในแนวตั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพื่อตัดทอนความโค้งเว้าออก ให้กลายเป็นขวดทรงกระบอกทรงตรง เมื่อนำหน่วยย่อยมาเชื่อมติดกันแล้วไม่เกิดช่องว่างระหว่างขวด โดยมีการออกแบบ ดังนี้

3.1 การทดลองสร้างหน่วยย่อยของขวดพลาสติก

จากรูปทรงขวดน้ำดื่มพลาสติกที่มีทรงโค้งเว้าสลับทรงกระบอกตรง ทำให้เกิดรูปทรงขวดที่น่าสนใจ คือ เมื่อตัดขวดน้ำดื่มพลาสติกออก ข้างในกลวง ขวดน้ำดื่มพลาสติกมีรัศมีใหญ่แลและเล็กสลับกัน สามารถนำมาเสียบ ซ้อน กันได้ ซึ่งสามารถนำสู่เทคนิค “Interlock” ด้วยรอยหยักที่เกิดจากการเซาะร่องของขวด เชื่อมต่อกันโดยมีแนวเซาะร่องของขวดเป็นตัวล็อคให้ขวดแน่น และไม่

ขยับออกจากกัน เพื่อตัดทอนความโค้งเว้าของขวดออก ให้เหลือแต่แนวขวดพลาสติกทรงกระบอก เพื่อให้หน่วยย่อยของขวดมีแนวตรงและเอื้อประโยชน์ในการประกอบเป็นหน่วยรวมที่ไม่มีช่องโหว่หรือมีน้อยที่สุด

ภาพที่ 2.17 เทคนิค Interlock เชื่อมต่อขวดโดยใช้ร่องหยักเป็นตัวล็อค

จากความสนใจของรูปทรงและแนวเซาะร่องหยักของขวดทำให้เกิดการทดลองเพื่อตัดทอนความโค้งเว้าออก โดยมีการทดลองเพื่อสร้างหน่วยย่อยที่มีสามารถสร้างเป็นหน่วยรวมที่มีความสัมพันธ์ของขนาดซึ่งกันและกัน โดยมีการทดลองดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.1 การทดลองที่ 1

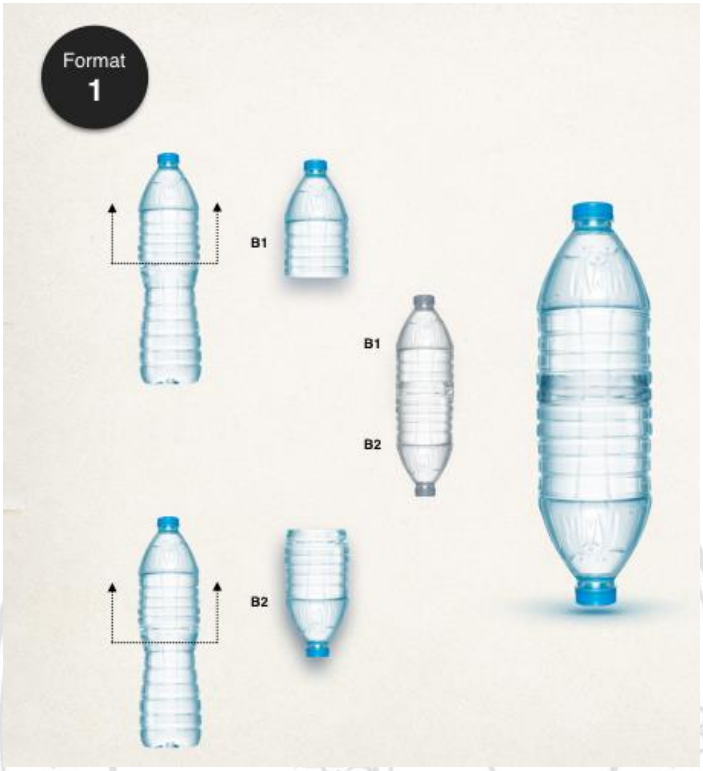
ใช้ขวดน้ำดื่มพลาสติก 2 ขวด

- ขวดที่ 1 แบ่งขวดออกเป็น 2 ชิ้นส่วน ตัดบริเวณท่อนกลาง
- ขวดที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 ชิ้นส่วน ตัดบริเวณท่อนข้อต่อ ตรงกลางของข้อต่อ เพื่อให้ท่อนบนของขวดมีปลายรัศมีวงกลมเล็ก

ภาพที่ 2.18 ตัดแบ่งชิ้นส่วนขวดน้ำดื่มพลาสติกการทดลองหน่วยย่อยที่ 1

เลือกใช้ส่วนสีฟ้าท่อนบนของทั้ง 2 ขวดมาใช้เท่านั้น ส่วนล่างที่เป็นสีเทาไม่นำมาใช้ เนื่องจากท่อนล่างของขวดทั้ง 2 มีรูปทรงโค้งเว้าที่ยังไม่เหมาะสมต่อการนำมาประกอบต่อไม่ว่าจะตัดในรูปแบบใด นำส่วนบนทั้ง 2 มาประกอบเข้าหากัน ด้วยวิธีการเสียบ รอยหยักของทั้งสองจะล็อคกันเองด้วยร่องหยัก จะได้เป็นหน่วยย่อยใหม่ 1 หน่วย ที่ตัวขวดไม่มีทรงโค้งเว้า แต่ส่วนหัวยังมีความแหลม ทั้ง 2 ด้าน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.19 การประกอบของชิ้นส่วนขวดน้ำดื่มพลาสติกที่ถูกตัดแบ่งออกของการทดลองที่ 1

3.1.2 การทดลองที่ 2

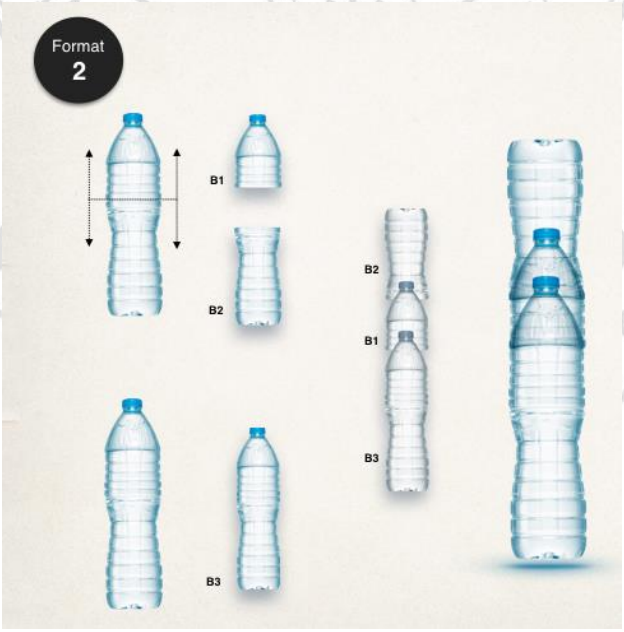
ใช้ขวดน้ำดื่มพลาสติก 2 ขวด

- ขวดที่ 1 แบ่งขวดออกเป็น 2 ชิ้นส่วน ตัดบริเวณท่อนกลาง ร่องหยักที่ 4
- ขวดที่ 2 ใช้ขวดรูปลักษณะเดิม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.20 ตัดแบ่งชิ้นส่วนขวดน้ำดื่มพลาสติกการทดลองหน่วยย่อยที่ 2

นำชิ้นส่วนของขวดที่ 1 ใช้ท่อนล่างคว่ำลงเสียบลงท่อนบนของขวดที่ 1 จะได้เป็นหน่วยย่อยที่ 1 นำหน่วยย่อที่ 1 ประกอบเข้ากับขวดที่ 2 ร่องหยักของทั้ง 2 จะล็อคเข้าหากันพอดี ได้เป็นหน่วยย่อยใหม่ 1 หน่วย ที่ยังคงมีความโค้งอยู่แต่ไม่มีการสูญเสียวัสดุ



ภาพที่ 2.21 การประกอบของชิ้นส่วนขวดน้ำดื่มพลาสติกที่ถูกตัดแบ่งออกของการทดลองที่ 2

3.1.3 การทดลองที่ 3

ใช้ขวดน้ำดื่มพลาสติก 2 ขวด

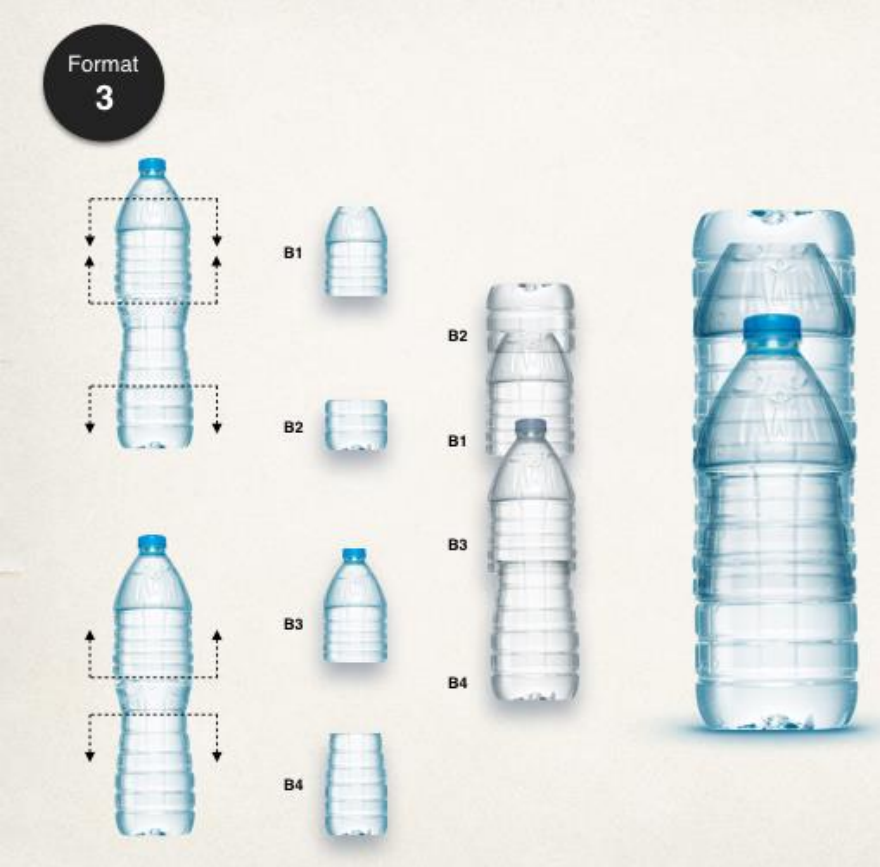
- ขวดที่ 1 แบ่งขวดออกเป็น 4 ชิ้นส่วน ตัดบริเวณตรงกลางของท่อนบน เพื่อเอาหัวขวดออก ตัดส่วนที่ 2 บริเวณท่อนข้อต่อ และตัดส่วนที่ 3 บริเวณตำแหน่งร่องหยักที่ 4 ของท่อนล่าง จะได้ชิ้นส่วนทั้งหมด 4 ชิ้น

- ขวดที่ 2 แบ่งขวดออกเป็น 3 ชิ้นส่วน ตัดท่อนท่อนกลางรอยหยักที่ 5 และตัดอีกครั้งบริเวณตำแหน่งข้อต่อ จะได้ชิ้นส่วนทั้งหมด 3 ชิ้นส่วน

ภาพที่ 2.22 ตัดแบ่งชิ้นส่วนขวดน้ำดื่มพลาสติกการทดลองหน่วยย่อยที่ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขวดที่ 1 ใช้ชิ้นส่วนเฉพาะสีฟ้า เพื่อตัดทอนความโค้งเว้าออก นำท่อนกลางมาเสียบเข้ากับชิ้นส่วนท่อนล่าง ได้ 1 หน่วยย่อย ชิ้นส่วนของขวดที่ 2 นำส่วนบนเสียบเข้ากับส่วนล่างได้อีก 1 หน่วยย่อย นำหน่วยย่อยแรกคว่ำหัวลง เสียบเข้ากับหัวของหน่วยย่อยที่ 2 ได้เป็น 1 หน่วยย่อยใหม่ ที่ไม่มีความโค้งเว้า

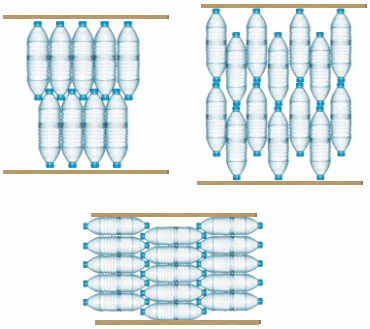
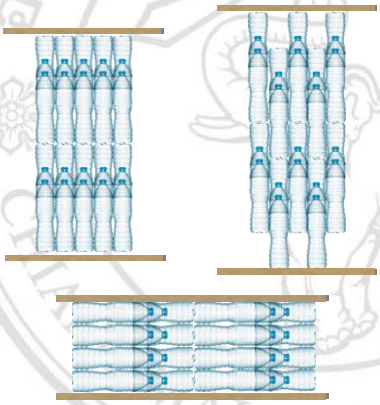
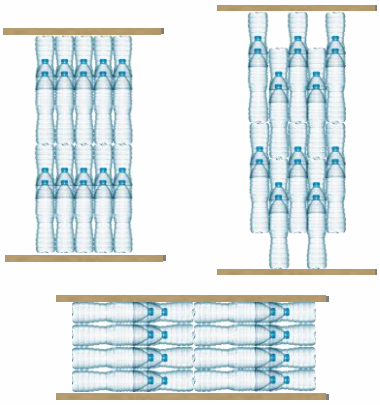


ภาพที่ 2.23 การประกอบของชิ้นส่วนขวดน้ำดื่มพลาสติกที่ถูกตัดแบ่งออกของการทดลองที่ 3

จากการทดลองสร้างหน่วยย่อยใหม่ที่ตัดทอนความโค้งเว้าเดิมของขวดน้ำดื่มพลาสติกออก เพื่อลดช่องโหว่เมื่อนำมาประกอบกันเป็นหน่วยรวม สามารถวิเคราะห์ศักยภาพของแต่ละรูปแบบได้ ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.3 แสดงศักยภาพของหน่วยย่อยแต่ละรูปแบบ

หน่วยย่อย	ตัวอย่างการประกอบหน่วยย่อย	ข้อบกพร่อง
		1. ยังคงมีความโค้งเว้าในท่อนหัวและปลาย แต่สามารถตัดทอนความโค้งเว้าบริเวณท่อนกลางขวดออกได้ 2. เหลือเศษชิ้นส่วนที่ไม่ใช้จำนวนมากที่ต้องเข้าสู่กระบวนการกำจัดต่อไป
		1. ยังคงมีความโค้งเว้าของขวดพลาสติกรูปแบบเดิม รูปทรงค่อนข้างสูง 2. ไม่เหลือเศษชิ้นส่วน
		1. ไม่มีความโค้งเว้า หน่วยย่อยมีรูปทรงกระบอกตรง 2. เหลือเศษชิ้นส่วนปานกลางที่ต้องเข้าสู่กระบวนการกำจัดต่อไป

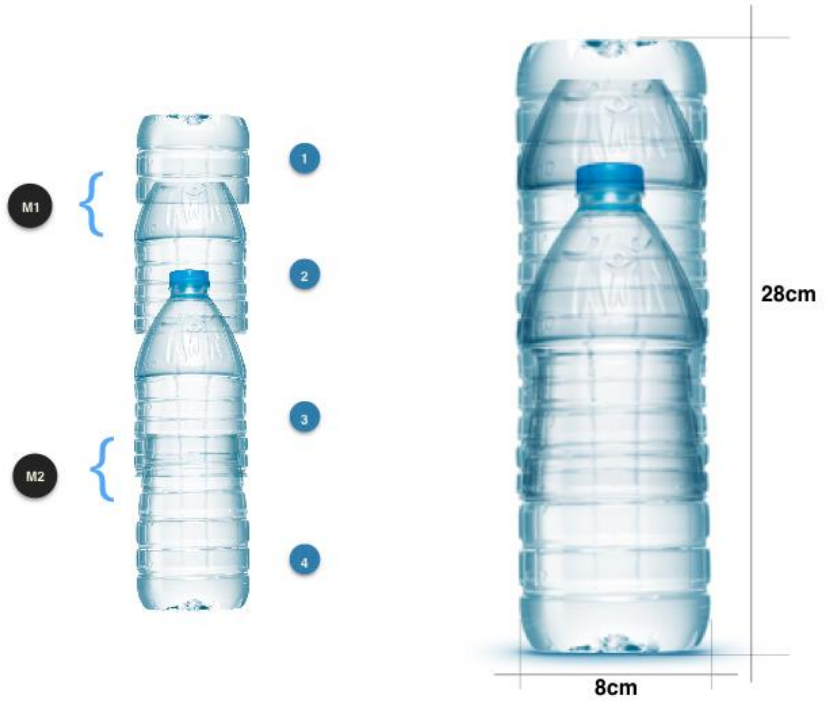
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จากตารางจะเห็นได้ว่า การทดลองรูปแบบหน่วยย่อยที่ 3 เป็นรูปแบบหน่วยย่อยที่สามารถลดทอนความโค้งเว้าออกได้มากที่สุด และเมื่อนำมาจัดวางในทุกๆรูปแบบ เกิดช่องโหว่น้อยมากที่สุด อีกทั้งการดัดแปลงไม่ได้ยุ่งยาก ถึงแม้จะมีเศษเหลือจากการดัดแปลงแต่เศษที่เหลือก็มีปริมาณน้อยกว่ารูปแบบอื่นๆ ซึ่งเศษที่เหลือสามารถนำไปเข้าสู่กระบวนการกำจัดในรูปแบบอื่นต่อไป

3.2 การทดลองสร้างหน่วยรวมของขวดน้ำดื่มพลาสติก

การศึกษานี้เป็นการทดลองการหาแนวทางความเป็นไปได้ในการประกอบหน่วยย่อยสู่หน่วยรวม โดยอาศัยข้อต่อ (Joint) เพื่อเชื่อมหน่วยย่อยของขวดน้ำดื่มพลาสติกให้กลายเป็นแผงผนังเพื่อปรับปรุงผนังอาคารบ้านพักอาศัยในชุมชนแออัด กรณีศึกษาชุมชนศรัทธาวัดหัวฝาย โดยทดลองหาข้อต่อที่เหมาะสมในการประกอบ ด้วยการออกแบบข้อต่อเชื่อมหน่วยย่อยขวดน้ำดื่มพลาสติกจะต้องมีเงื่อนไขในการออกแบบ คือ ง่าย สะดวกรวดเร็ว แข็งแรง อุปกรณ์เสริมในการสร้างข้อต่อต้องเป็นอุปกรณ์ขั้นพื้นฐาน เช่น มีด กรรไกร ตะปู เป็นต้น เพื่อให้ชาวชุมชนแออัดสามารถทำและสร้างได้ด้วยตัวเอง

ในการศึกษาการสร้างหน่วยย่อย เลือกใช้หน่วยย่อยจากการทดลองที่ 3 ที่ถูกตัดทอนความโค้งเว้าออกแล้วจนมีลักษณะกายภาพเป็นรูปทรงกระบอกด้านตรง พื้นผิวมีรอยหยักที่เกิดจากการเซาะร่องขวด ยังคงความโปร่งแสงโปร่งใส



ภาพที่ 2.24 หน่วยย่อยรูปทรงกระบอกที่ถูกตัดทอนความโค้งเว้าออก

ใช้หน่วยย่อยที่มีรูปทรงกระบอกนี้มาพัฒนาสู่หน่วยรวม โดยมีการออกแบบข้อต่อและการเชื่อมต่อ ดังต่อไปนี้

3.2.1 **การทดลองที่ 1**

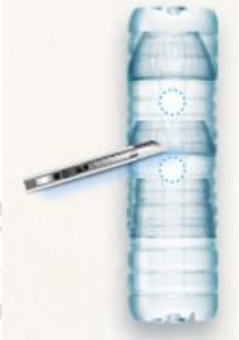
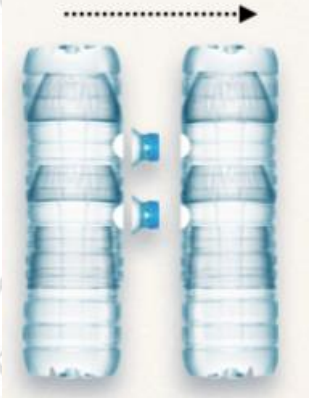
- ส่วนรอยเกลียวคอขวด

ภาพที่ 2.25 ข้อต่อจากรอยเกลียวคอขวด

ใช้ส่วนประกอบจากโมดูลเดิมมาทำข้อต่อ ตัดรอยเกลียวคอขวดออกมาจากโมดูลหน่วยย่อย จะได้หน่วยย่อยใหม่ที่ไม่มีคอขวดภายใน เลือกใช้ส่วนรอยเกลียวคอขวด ซึ่งพบว่าบริเวณรอยเกลียวคอขวด จะมีพลาสติกหนา 1 ชั้น ที่ตำแหน่งสุดของรอยเกลียวด้านล่าง ซึ่งมีความกว้างยื่นออกมามากว่ารอยเกลียวที่ใช้ปิดฝาขวดน้ำ โดยทำหน้าที่เป็นชั้นรองรับวงแหวนคอขวด โดยมีขั้นตอนของการสร้างข้อต่อจากเกลียวคอขวด ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.4 แสดงการประกอบร่างด้วยข้อต่อเกลียวคอขวด

ขั้นตอนที่	วิธีการ	รูปภาพประกอบ
1	ตัดข้อต่อจากขวดหน่วยย่อย โดยตัดส่วนคอขวดที่เป็นพลาสติกบางติดมาด้วยประมาณ 5 เซนติเมตร	
2	เจาะรูที่หน่วยย่อย 2รู ขนาดรูเล็กกว่ารัศมีของข้อต่อพลาสติกผิวบางเล็กน้อย เพื่อให้เกิดการค้ำไม่หลุดออกระหว่างข้อต่อกับหน่วยย่อย	
3	นำข้อต่อเกลียวคอขวดเสียบเข้าบริเวณรูทั้ง 2 ของหน่วยย่อย ด้านหนึ่งของหน่วยย่อยจะถูกยึดด้วยปากพลาสติกแผ่นบาง อีกด้านของหน่วยย่อยจะถูกยึดด้วยขอบเกลียวคอขวด	
4	หน่วยรวมที่ถูกเชื่อมต่อด้วยข้อต่อเกลียวคอขวด	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.2 **การทดลองที่ 2**

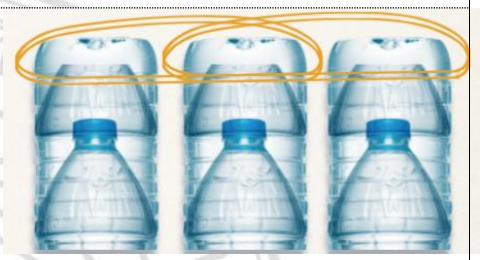
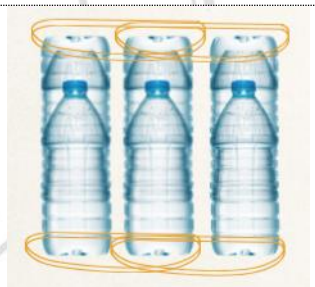
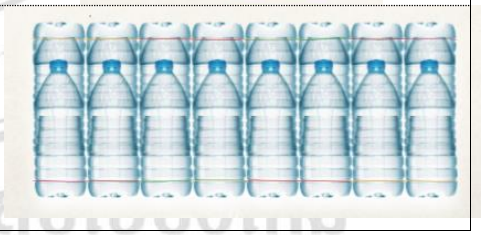
- หนังยางหรือยางยืด

ภาพที่ 2.26 ข้อต่อจากหนังยาง

หนังยางยางยืดมีคุณสมบัติหลัก คือ ใช้รัด มัดสิ่งของ เพื่อปิดผนึกหรือ รวบสิ่งของรวมเข้าด้วยกัน ด้วยความยืดของหนังยาง ทำให้สามารถยืดขอบเขตของความกว้างในการรัดสิ่งของที่มีขนาดต่างๆได้ อีกทั้งเป็นวัสดุที่สามารถหาได้ง่ายราคาไม่แพง จึงใช้ศักยภาพนี้ของหนังยางในการศึกษาการประกอบร่างของหน่วยย่อยสู่หน่วยรวม โดยมีการออกแบบข้อต่อ ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.5 แสดงการประกอบร่างด้วยข้อต่อหนังยาง

ขั้นตอนที่	วิธีการ	รูปภาพประกอบ
1	คัดเลือกขนาดของหนังยาง หากใช้หนังยางที่มีความหนามากไปจะไม่สามารถดึงเพื่อคลุมหน่วยย่อยได้ เนื่องจากมีความหนืดมากเกินไป จึงควรใช้หนังยางเส้นเล็กซ้อนกัน 2 ชั้น	
2	ดึงหนังยางครอบระหว่างหน่วยย่อย 2 หน่วย โดยให้หนังยางล็อคเข้าบริเวณร่องหยักของหน่วยย่อยขวดข้อแรก และครอบระหว่างหน่วยย่อยที่ 2 ไปยังหน่วยที่ 3 ที่ 3ไปที่ 4 ไปเรื่อยๆ	
3	ครอบหนังยางเข้ากับหน่วยย่อยทั้งด้านบนและด้านล่าง เพื่อความแน่นของหน่วยรวม	
4	หน่วยรวมที่ถูกเชื่อมจากข้อต่อหนังยาง	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.3 **การทดลองที่ 3**

- เชือกฟาง

ภาพที่ 2.27 ข้อต่อจากเชือกฟาง

เชือกฟาง เป็นวัสดุที่ทำมาจากเม็ดพลาสติก PP ผสมกับเม็ดสีต่างๆ อาทิ สีแดง สีเหลือง สีเขียว ก่อนจะนำเข้าไปผ่านกระบวนการผลิตแบบรีด เป็นวัสดุที่ทนต่อแรงดึงได้สูง มีอายุการใช้งานยาวนานและราคาถูก (สิงห์ จงประเสิรฐ, 2531) โดยในการนำเชือกฟางมาใช้เป็นข้อต่อ มุ่งเน้นไปที่การมัด ด้วยเทคนิคเงื่อน โดยมีการออกแบบดังนี้

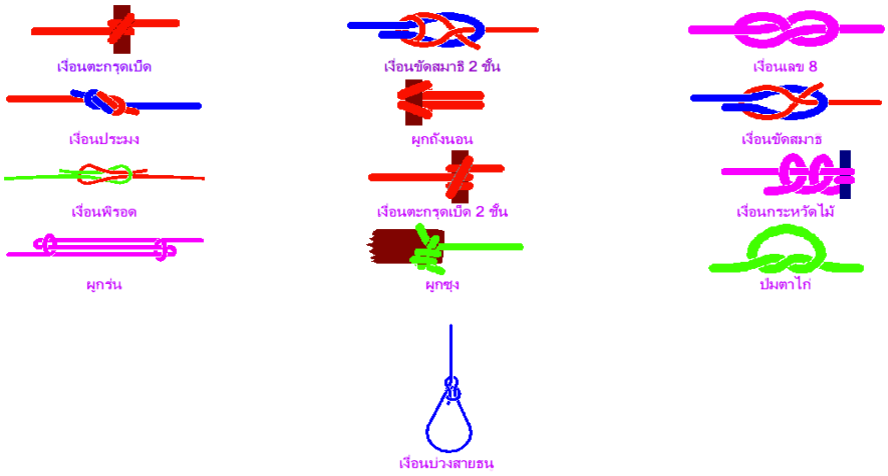
เงื่อนเชือก แบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้ 3 กลุ่ม คือ

1. ประเภทต่อเชือกเข้าด้วยกัน เพื่อใช้ประโยชน์ต่อเชือกให้ยาวขึ้น เช่น เงื่อนพิรอด เงื่อนขัดสมาธิเงื่อนประมง เงื่อนยายแก่ เงื่อนนายพราน ฯลฯ

2. ประเภททำเป็นบ่วง เพื่อใช้ประโยชน์สำหรับคล้องหรือสวมกับหลัก เช่น เงื่อนบ่วงสายธนู เงื่อนผูกคนลาก เงื่อนเก้าอี้ รอกเชือก ฯลฯ ซึ่งเงื่อนประเภทนี้จะเป็นเงื่อนที่เกิดจากเชือก 2 ปลาย มัดกัน ตัวเงื่อนจะทำให้ไม่รูด ไม่เลื่อน

3. ประเภทผูกกับวัตถุ เพื่อใช้ประโยชน์สำหรับผูกให้แน่น ใช้รั้งให้ตึง หรือดึงให้แน่น เช่น เงื่อนผูกซุง เงื่อนบุกเบิก เงื่อนตะกรุดเบ็ด เงื่อนผูกถัง เงื่อนกระหวัดไม้ เงื่อนผูกรั้ง เงื่อนขันชะเนาะ เงื่อนผูกแน่น ฯลฯ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.28 การผูกเงื่อนขั้นพื้นฐาน

(ที่มาจาก : http://boyscouts.obec.go.th/scout/knot/knot.html)

ภาพที่ 2.29 การผูกเงื่อนปมตาไก่

(ที่มาจาก : http://boyscouts.obec.go.th/scout/knot/knot.html)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

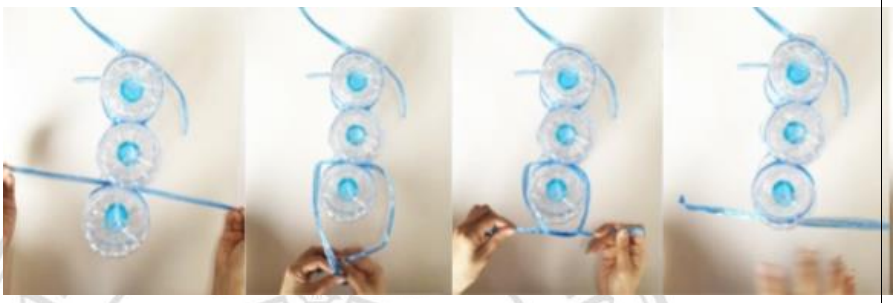
ในการศึกษาเรื่อง การผูกมัดด้วยเงื่อน เงื่อนประเภทผูกกับวัตถุ เป็นประเภทที่เหมาะสมที่สุด โดยมุ่งเน้นไปที่เงื่อนปมตาไก่แบบธรรมดา ที่ใช้เวลามัดโบว์ทั่วไป โดยเป็นเงื่อนขั้นพื้นฐานที่มีความแน่นกระชับ เมื่อมัด อีกทั้งพื้นผิวสัมผัสของเชือกฟางมีความฝืดในตัว ทำให้เงื่อนไม่หลุดไหลออก ข้อดีของการเลือกใช้เงื่อนแบบนี้ คือ สามารถมัดเองเพียง 1 คนได้และมีความแน่น และวิธีการผูกเงื่อนไม่มีความซับซ้อนจนเกินไป โดยมีขั้นตอน ดังนี้

ตารางที่ 2.6 แสดงการประกอบร่างด้วยข้อต่อเชือกฟางที่เกิดจากการผูกเงื่อน

ลำดับ	วิธีการ	รูปภาพประกอบ
1	มัดเชือกฟางที่หน่วยย่อยที่ 1 นำเชือกมาคล้องโอบรอบ มัดเชือกด้วยเงื่อนปมตาไก่ ดึงให้แน่น	
2	นำหน่วยย่อยที่ 2 มาวางชิดหน่วยย่อยที่ 1 มัดเช่นเดียวกันกับหน่วยย่อยแรกด้วยเงื่อนปมตาไก่ และทำแบบนี้ไปเรื่อยด้วยเชือกเส้นเดียวกัน	
3	กลับอีกด้านทำเช่นเดียวกันกับขั้นตอนที่ 1 จนได้แผงหน่วยรวมที่ถูกเชื่อมต่อติดกันเป็นแผงขวดน้ำดื่มพลาสติกหน่วยรวม หากเชือกหมดให้มัดเชือกปมตาไก่ 2 รอบเพื่อยึดล็อคให้แน่นเป็นการจบรอบเชือก และนำเชือกฟางเส้นใหม่ มาโอบรอบหน่วยย่อยและมัดใหม่ไปเรื่อยๆ	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
CHIANG MAI UNIVERSITY 1964
rights reserved

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

ลำดับ	วิธีการ	รูปภาพประกอบ
4	จากการมัดจะเห็นได้ว่าด้านที่เริ่มต้นการมัดจะไม่มีปลายเชือก จึงต้องเพิ่มปลายเชือก เพื่อใช้ปลายเชือกทั้ง 2 นำไปมัดติดกับโครงสร้างของบ้านเพื่อประกอบร่าง โดยนำเชือกขนาดที่โอบรอบเสาบ้านได้ มามัดที่หน่วยย่อยแรกของแต่ละด้านที่ไม่มีปลายเชือก และมัดเงื่อนปมตาไก่ 2 รอบ	
5	กลับด้านแผงขวดน้ำดื่มพลาสติก ทำเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 4 ในด้านที่ไม่มีปลายเชือก	
6	แผงขวดน้ำดื่มพลาสติกหน่วยรวมที่พร้อมสำหรับการติดตั้งเข้ากับโครงสร้างอาคารบ้านพักอาศัย	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาการสร้างหน่วยรวมของขวดน้ำดื่มพลาสติก สามารถวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของแต่ละรูปแบบ เพื่อนำไปประกอบติดตั้งเป็นผนังอาคารบ้านพักอาศัยในชุมชนแออัดด้วยระบบโมดูลาร์ ได้ดังนี้

1. ข้อต่อเกลียวคอขวด ไม่มีความแข็งแรงเพราะไม่สามารถควบคุมความแน่นกระชับของรูที่เสียบข้อต่อได้ ทำให้เวลาประกอบหน่วยย่อยแต่ละหน่วยลงไป หน่วยที่ถูกต่อไปแล้วมักจะหลุดออก เนื่องจากการดันข้อต่อเข้ารูค่อนข้างต้องใช้แรง อีกทั้งความไม่แน่นกระชับ เมื่อประกอบร่างหน่วยย่อยรวมกัน ทำให้แผงขวดน้ำดื่มพลาสติกไม่มีความแข็งแรง เอนไปมา หลวมอย่างเห็นได้ชัด แต่การใช้วัสดุ นำทุกส่วนประกอบของขวดน้ำดื่มพลาสติกมาใช้ ถือว่าใช้วัสดุขวดได้อย่างคุ้มค่า การก่อร่างประกอบค่อนข้างต้องใช้เทคนิคและแรงในการทำงานสูง อีกทั้งต้องตัดและจัดการส่วนประกอบหลายขั้นตอน

2. ข้อต่อหนังยาง ความกระชับแน่น ค่อนข้างดี แต่เนื่องจากใช้ความยืดของยางยืดของหนังยางทำให้เมื่อใช้ไปเวลานาน แผงขวดน้ำดื่มพลาสติกเกิดความหลวมได้ง่ายมาก อีกทั้งหนังยางเหล่านี้มีอายุการใช้งานน้อย ไม่ได้ถูกสร้างมาให้ถูกดึงยืดในระยะกว้างทำให้อายุการใช้งานลดลง ขาดได้ง่าย การประกอบขึ้นรูปเป็นแผงง่าย ไม่ได้ใช้เทคนิคระดับสูง

3. ข้อต่อเชือกฟางด้วยการผูกเงื่อน ความกระชับแน่นดี มั่นคง ตัวเงื่อนที่มัดทำให้แผงหน่วยรวมมีความแข็งแรง ถึงแม้เชือกฟางจะมีอายุการใช้งาน แต่การเปลี่ยนผูกเงื่อนของระบบแผงหน่วยรวมสามารถทำได้ไม่ยาก อีกทั้งเชือกฟางมีราคาถูก 1 ม้วนสามารถประกอบหน่วยย่อยได้ไม่ต่ำกว่า 20 ขวด การใช้เทคนิคอยู่ในระดับไม่ยาก เป็นการผูกเงื่อนแบบง่ายๆ และสามารถต่อยอดนำไปประกอบเข้ากับโครงสร้างได้ด้วยตัวข้อต่อเอง

จากการศึกษาจึงเลือกเชือกฟางด้วยเทคนิคการผูกเงื่อน เป็นตัวสร้างหน่วยรวมของหน่วยย่อยขวดน้ำดื่มพลาสติก ด้วยความเหมาะสม และการประกอบหน่วยรวมที่ไม่ยากสามารถทำได้เองเพียงคนเดียว และวัสดุเชือกฟางไม่ได้มีราคาแพง ถอดประกอบเปลี่ยนวัสดุได้ง่าย และมีความเป็นไปได้มากที่สุดในการนำไปประกอบติดตั้งเข้ากับโครงสร้างของอาคารบ้านพักอาศัยในชุมชนแออัดด้วยระบบโมดูลาร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved