การแปลงรูปวัสดุขยะขวดน้ำดื่มพลาสติกเพื่อใช้ในงานออกแบบที่กรองแสงลานจอดรถ

Transformation of Waste Plastic Bottles into Covered Parking

กัลยา ตันติยาสวัสดิกุล

Kallaya Tantiyaswasdikul

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี 12121

Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University, Pathumthani 12121, Thailand

E-mail: kallaya.tan@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากปริมาณขยะที่เพิ่มมากขึ้นจากการอุปโภคบริโภคในชีวิตประจำวัน โดยในแต่ละปี ประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 13.9 ล้านตัน ในจำนวนนี้มีขยะจากบรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลาสติกและโฟม ที่มีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ใหม่เกิดขึ้นประมาณ 6 ล้านตัน หรือร้อยละ 43 ของปริมาณขยะทั้งหมด แต่มีการนำกลับมาใช้ประโยชน์เพียง 2 ล้านตัน หรือร้อยละ 14.4 ของขยะทั้งหมดเท่านั้น โดยแท้จริงแล้ววัสดุที่มีสภาพเป็นขยะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่านั้น แนวคิดเรื่องการแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (recycling) และการใช้ซ้ำ (reuse) จึงเป็นแนวทาง ตลอดจนถึงมาตรการในการจัดการกับวัสดุขยะที่ยังมีศักยภาพในการใช้ประโยชน์เหล่านี้

จากแนวคิดดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อนำขยะจากบรรจุภัณฑ์พลาสติกประเภทขวดน้ำดื่ม ซึ่งเป็นขยะที่มีปริมาณมาก มาออกแบบเป็นชิ้นส่วนทางสถาปัตยกรรม ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้เป็นที่กรองแสงบริเวณที่จอดรถกลางแจ้ง (covered parking) โดยอาศัยหลักการทางทฤษฎีการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ว่าด้วย การสร้างรูปทรงและโครงสร้าง (Morphology) ซึ่งเป็นแนวทางในการออกแบบวัสดุต้นแบบ และพัฒนาระบบเชื่อมต่อชิ้นส่วนเพื่อนำไปสู่การออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อประโยชน์ใช้สอยดังกล่าว และผลของการวิจัยได้นำเสนอผ่านแบบจำลองที่ขึ้นรูป และประมวลผลโดยโปรแกรม 3D Studio Max ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างงาน 3 มิติ และสามารถจำลองสภาวะแวดล้อมประกอบการทำงานได้ โดยมีการตั้งค่าความสว่างของแสงตามสภาพความเป็นจริงเพื่อคำนวณปริมาณของแสงสว่างที่ส่องผ่านวัสดุต้นแบบ

ผลการศึกษาพบว่า วัสดุต้นแบบสามารถลดปริมาณแสงที่ส่องผ่านได้ใกล้เคียงกับตาข่ายกรองแสง แต่วัสดุต้นแบบมีข้อควรคำนึงถึงในเรื่องของการทำความสะอาดและราคาต่อตารางเมตรที่สูงกว่า โดยสรุปผลจากการศึกษาวิจัยสามารถเป็นตัวอย่างในการเข้าไปมีส่วนร่วมกับแนวคิดการนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อสร้างทางเลือกที่สร้างสรรค์ในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Economic & Ecological Design) เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไปได้

Abstract

One of the environmental problems that we have witnessed nowadays comes from the increased volume of garbage. Each year, Thailand generates up to 13.9 million tons of waste which includes plastic packaging and waste material that have a potential to be reused roughly 6 million tons but there is only 2 million tons or 14.4 percent of such reuseable waste being reused. The solution of recycling and reuse could be an alternative approach to create or increase the value of wasted material.

Under these circumstances, this research aims at exploring the ways to transform plastic water bottle waste into architectural elements, specifically a roof of covered parking. The prototype was created based on the morphology theory. The result of this design was generated and evaluated with 3D Studio Max program, a computer program that can simulate materials and lighting conditions.

The outcomes of this study indicate that the prototype could reduce an amount of radiation penetration with the same level as a light filter, but there are two concerning points which are the maintenance and the cost of the prototype. However, this research could be an example of the architecture that addresses the environmental degradation.

Keywords

ขยะขวดน้ำดื่มพลาสติก (Waste Plastic Bottle)
การนำมาใช้ซ้ำ (Reuse)
การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Economic & Ecological Design)
ทฤษฎีการสร้างรูปทรงและโครงสร้าง (Morphology Theory)
ตาข่ายกรองแสง (Light Filter)
ที่กรองแสงลานจอดรถ (Covered Parking)

1. บทนำ

ในปัจจุบันเราตระหนักได้ถึงปัญหาของสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างไม่ระมัดระวัง ซึ่งส่งผลกระทบและก่อให้เกิดปัญหาในด้านต่าง ๆ รวมถึงปัญหาปริมาณขยะที่เพิ่มมากขึ้น โดยในแต่ละปีประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 13.9 ล้านตัน ในจำนวนนี้มีขยะบรรจุภัณฑ์ และวัสดุเหลือใช้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลาสติกและโฟม ที่มีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ใหม่ เกิดขึ้นประมาณ 6 ล้านตัน (ร้อยละ 43) แต่มีการนำกลับมาใช้ประโยชน์เพียง 2 ล้านตัน (ร้อยละ 14.4) ของขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมดเท่านั้น (Jira-Arun, 2003) ซึ่งโดยแท้จริงแล้ว วัสดุที่มีสภาพเป็นขยะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่านั้น แนวคิดเรื่องการแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (recycling) และการใช้ซ้ำ (reuse) จึงเป็นแนวทางตลอดจนมาตรการในการจัดการกับวัสดุขยะที่ยังมีศักยภาพในการใช้ประโยชน์เหล่านี้ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการบูรณาการองค์ความรู้อื่นเข้าไปมีส่วนร่วมในการจัดการ ก็ยิ่งเป็นการเพิ่มทางออกที่หลากหลายให้กับการแก้ปัญหาดังกล่าว

จากแนวคิดข้างต้น งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับวัสดุที่จากเดิมถูกให้คำจำกัดความว่าคือของที่เปล่าประโยชน์ หรือขยะให้มีบทบาทใหม่ในบริบทใหม่ โดยอาศัยการออกแบบ มาช่วยสร้างหน้าที่ประโยชน์ใช้สอยตลอดจนคุณค่าใหม่ให้กับขยะประเภทนี้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการรณรงค์การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Economic & Ecological Design) ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งของการจัดการเชิงรุกกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เป็นที่ยอมรับและเป็นแนวทางปฏิบัติสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์และออกแบบสถาปัตยกรรมในสังคมโลกปัจจุบัน

2. แนวทางการจัดการขยะพลาสติกและกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่

การจัดการกับขยะพลาสติกมี 4 กระบวนการ ได้แก่

1. การถมทิ้งหรือฝังกลบ
2. การเผาโดยให้มีการนำเอาพลังงานกลับมาใช้ใหม่
3. การนำกลับมาใช้ใหม่
4. การลดปริมาณการใช้

ประเด็นการลดปริมาณการใช้ เป็นเรื่องสำคัญมากในการรณรงค์ให้เกิดสำนึกดังกล่าว เพราะเป็นการแก้ปัญหาที่ตรงจุดและมีประสิทธิภาพ ส่วนการจัดการกับขยะพลาสติก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการถมทิ้งหรือฝังกลบ การเผาเพื่อนำเอาพลังงานกลับมาใช้ใหม่ และการนำกลับมาใช้ใหม่ ทั้ง 3 กระบวนการนี้ การนำกลับมาใช้ใหม่เป็นวิธีการจัดการที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (Evans & Ross, 2003) โดยการนำกลับมาใช้ใหม่สามารถแยกได้เป็น 2 กรณีคือ การแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และการนำมาใช้ซ้ำ โดยขยะพลาสติกก่อนเข้าสู่กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่นั้น ต้องผ่านขั้นตอน ดังต่อไปนี้

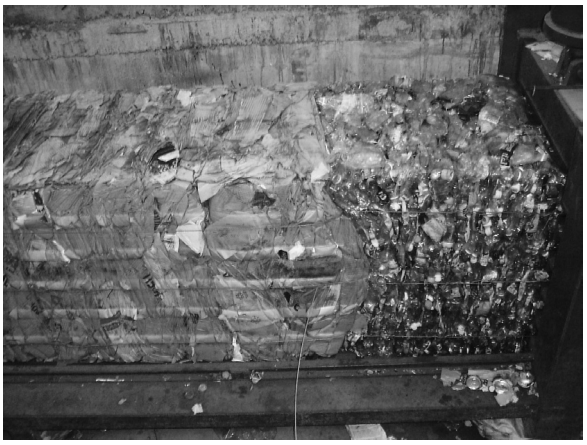
1. การจัดเก็บ
2. การแยก
3. การแปรรูป

การจัดเก็บ

ในการนำกลับมาใช้ใหม่นั้นจำเป็นต้องมีปริมาณพลาสติกที่เพียงพอที่จะป้อนเข้าสู่กระบวนการ ซึ่งเป็นเรื่องที่ต้องอาศัยความร่วมมือจากชุมชนหรือสังคมและอาจต้องมีการรณรงค์ มีนโยบายที่ชัดเจนในแต่ละพื้นที่ ในประเทศที่มีระบบรีไซคลิง (recycling) ที่ดี เช่น ในสหรัฐอเมริกา การรีไซคลิงของพลาสติกหลังการบริโภคมี 2 ลักษณะคือ การคืนภาชนะเพื่อแลกกับค่ามัดจำ และโปรแกรมการจัดเก็บวัสดุบนถนน (Curbside Pick-up Program) โดยโปรแกรมนี้มีประสิทธิภาพและบริการให้กับประชากรเป็นสัดส่วนสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนครัวเรือนทั้งหมด โดยครัวเรือนจะรับผิดชอบการคัดแยกขั้นต้นระหว่างพลาสติกที่รีไซเคิลได้และชนิดที่รีไซเคิลไม่ได้ และรวบรวมไว้หน้าบ้าน หรือในที่จัดเก็บของแต่ละชุมชน โดยผู้รับผิดชอบโครงการอาจเป็นบริษัทเอกชนหรือหน่วยงานที่ได้รับการว่าจ้างหรือมอบหมายจากรัฐ (Chinsirikul, 2001) สำหรับในประเทศไทยการจัดเก็บปรากฏชัดเจนผ่านผู้ประกอบการธุรกิจขายของเก่า และธุรกิจสถานีรีไซเคิลทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยพลาสติกที่มีการนำกลับมาใช้ใหม่กันมาก ได้แก่ พลาสติกจำพวก PE หรือโพลิเอททีลีน (Polyethylene) PP หรือโพลิโพรพิลีน (Polypropylene) และ PVC หรือโพลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride)

ในส่วนภาครัฐบาล สถานศึกษา และหน่วยงานต่าง ๆ ได้มีการรณรงค์ผ่านโครงการที่ใช้ชื่อว่า ธนาคารขยะรีไซเคิล ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยในการจัดการ

ขยะอย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพ ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยหนึ่งตัวอย่างที่มีการบริหารจัดการที่ชัดเจน ได้แก่ โครงการบริหารจัดการขยะรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ซึ่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ได้ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าว และมีการจัดตั้งโครงการนี้ขึ้น โดยได้รับความร่วมมือจากสถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เข้ามาจัดทำระบบบริหารจัดการขยะรีไซเคิลภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ซึ่งเป็นต้นแบบให้หน่วยงานอื่น ๆ ได้เข้ามาศึกษาและนำไปพัฒนาปรับปรุงในการบริหารจัดการขยะต่อไป



รูปที่ 1 ขยะที่คัดแยกแล้วผ่านเครื่องบีบอัด

การแยก

การแยกพลาสติกต่างชนิดออกจากกันอาจทำได้หลายวิธีตั้งแต่แยกโดยความหนาแน่น สี อุณหภูมิ ที่ทำให้พลาสติกหลอมเหลว ขนาด รูปร่าง ความแข็ง ความนิ่ม ตลอดจนคุณสมบัติทางไฟฟ้า หรือแม่เหล็ก ในประเทศไทยการแยกพลาสติกได้มีการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาใช้เช่นกันแต่เกิดขึ้นกับอุตสาหกรรมพลาสติกขนาดใหญ่เท่านั้น ในระดับท้องที่ และธุรกิจสถานีรีไซเคิลยังคงเป็นการคัดแยกด้วยมือ

การแปรรูป

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมานี้ ได้มีการศึกษาอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับประเด็นการนำพลาสติกที่ใช้แล้วมาแปรรูป ในกรณีนี้จะกล่าวถึงการแปรรูปเพื่อนำมาใช้ใหม่ของพลาสติก โดยแยกตามชนิดของโพลิเมอร์ หรือองค์ประกอบของพลาสติกชนิดนั้น ๆ ดังตารางที่ 1

โดยกระบวนการของการแปรรูปใช้ใหม่นั้นเริ่มต้นจากการคัดแยกพลาสติกตามประเภทและคุณสมบัติที่ต่างกัน ได้แก่ จุดหลอมเหลว ความหนาแน่น ความแข็ง ความนิ่ม ความใส จากนั้นพลาสติกจะถูกบีบให้แบนแล้วมัดรวมกันเป็นก้อน ดังรูปที่ 1 แล้วส่งไปยังโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล โดยพลาสติกแต่ละชนิดจะถูกบดเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วล้างทำความสะอาด และตากแห้งหรือเป่าด้วยลมร้อน เพื่อให้ป้ายกระดาษหรือฟิล์มที่ติดมากับชิ้นพลาสติกหลุดออก จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการหลอมพลาสติกผ่านเครื่องอัดรีด (extruder) ออกมาเป็นเส้นก่อนตัดให้เป็นเม็ดเล็ก ๆ บรรจุลงกล่อง เพื่อส่งไปยังโรงงานขึ้นรูปพลาสติกให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยหากการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ใหม่ใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิลทั้งหมด ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ได้จะมีสมบัติทางกายภาพลดลง ดังนั้นบางครั้งโรงงานจะนำเม็ดพลาสติกใหม่มาผสม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติดีขึ้น (Leejarkpai, 2006)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และการใช้ซ้ำ แนวทางการใช้ซ้ำเป็นทางเลือกที่ประหยัดพลังงาน และต้นทุนในแง่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ จึงมีความน่าสนใจและเป็นประเด็นสำคัญในการทำวิจัยเรื่องนี้ โดยขอบเขตของการวิจัยจะศึกษาวัสดุขยะจำพวกบรรจุภัณฑ์พลาสติกเฉพาะขวดน้ำดื่มพลาสติกซึ่งเป็นพลาสติกชนิดโพลิเอททีลีน เทเรฟธาเลท (Polyethylene Terephthalate: PET/PETE) เนื่องจากเป็นขยะพลาสติกที่มีปริมาณมาก เพราะสัดส่วนการบริโภคต่อวันในชีวิตประจำวันมีสูง และเป็นเศษบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ง่ายต่อการทำความสะอาดเพื่อเตรียมเป็นวัสดุในการทำการวิจัย

3. แนวคิดการนำมาใช้ซ้ำกับงานออกแบบ

องค์ความรู้ทางการออกแบบ สามารถมีส่วนช่วยในการทำให้เกิดหน้าที่ใช้สอยใหม่ที่น่าสนใจให้กับวัสดุขยะได้ ซึ่งการใช้อย่างคุ้มค่านี้สอดคล้องกับเรื่องการพัฒนาและการออกแบบที่ยั่งยืน อีกทั้งประเด็นดังกล่าวได้เป็นข้อพิจารณาที่ถูกคำนึงถึงในการทำงานของสถาปนิกและนักออกแบบในปัจจุบันด้วย โดยเริ่มต้นจากแนวทางการออกแบบ และการคัดเลือกวัสดุที่มีส่วนช่วยลดปัญหาดังกล่าว (Ljungberg, 2007) นอกจากนี้การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวัสดุในงานออกแบบสถาปัตยกรรม ยังนำไปสู่การพัฒนาในทฤษฎีการผลิตและการก่อสร้าง (Fabrication Method) ที่เปิดโอกาสให้เกิดความหลากหลายในการเลือก

ตารางที่ 1 การจำแนกประเภทพลาสติกและการแปรรูปใช้ใหม่

สัญลักษณ์	ชนิดพลาสติก	คุณสมบัติ	การใช้งาน	การแปรรูปใช้ใหม่
	โพลิเอททีลีน เทเรฟธาเลท (Polyethylene Terephthalate: PET/PETE)	ใส แข็งแรง เหนียว ทนต่อไขมัน น้ำมัน และความร้อนอุณหภูมิระหว่าง 70-100°C	นิยมผลิตเป็นขวดบรรจุน้ำอัดลม น้ำดื่ม น้ำยาบ้วนปาก และภาชนะบรรจุอาหาร	บรรจุภัณฑ์ที่ไม่บรรจุอาหาร เช่น ขวดน้ำยาซักผ้า หรือน้ำยาทำความสะอาด รวมถึงเฟอร์นิเจอร์ในสวน
	โพลิเอททีลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE)	มีสีขุ่น แข็งแรง และเหนียว ราคาถูก ง่ายต่อการขึ้นรูป กันน้ำและความชื้นได้ดี ทนการกัดกร่อนของสารเคมี ทนอุณหภูมิได้ถึง 105°C	ผลิตเป็นขวดสำหรับนม น้ำ น้ำผลไม้ น้ำยาซักผ้า ถุงใส่อาหาร ของเล่น	ภาชนะใส่อาหารสัตว์ ม้านั่ง กระเบื้องปูพื้น ขวดใส่น้ำยาซักผ้า
	ไวนิล หรือโพลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride: PVC)	ใส กันอากาศและน้ำเข้าได้ดี น้ำหนักเบา ราคาถูก ทนต่อสารเคมีและอุณหภูมิได้ระหว่าง -20 -80°C	PVC มี 2 ประเภทคือ ชนิดแข็ง ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง และชนิดอ่อน ใช้ทำฟิล์มหุ้มอาหาร บรรจุภัณฑ์อาหารชนิดใส อุปกรณ์การแพทย์ ตลอดจนฉนวนหุ้มสายไฟ	เฟอร์นิเจอร์ ฟิล์ม ภาชนะบรรจุ เครื่องเล่นในสนาม
	โพลิเอททีลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene: LDPE)	เหนียว ขึ้นรูปง่าย กันอากาศและความชื้นได้ดี ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ดี	ใช้ทำฟิล์มหุ้มบรรจุภัณฑ์ ถุงใส่อาหารแช่เย็น ซองบะหมี่สำเร็จรูป ขวดน้ำเกลือ	ถังขยะ เฟอร์นิเจอร์ ฟิล์ม
	โพลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP)	แข็ง เหนียว ขึ้นรูปง่าย กันความชื้น ทนต่อสารเคมี และอุณหภูมิได้ระหว่าง -30 -130°C	ใช้ผลิตภาชนะบรรจุอาหารที่เข้าไมโครเวฟได้ บรรจุภัณฑ์นมเปรี้ยว ขวดใส่เครื่องปรุงอาหาร	สัญญาณไฟ แปรงทำความสะอาด กรวยสำหรับน้ำมัน เฟอร์นิเจอร์
	โพลิสไตรีน (Polystyrene: PS)	ใส แข็ง แต่เปราะ และแตกหักง่าย ยอมให้น้ำและไอระเหยผ่านได้ง่าย ทนต่ออุณหภูมิได้ระหว่าง -20 -80°C	ใช้ผลิตแผ่นซีดี รวมถึงภาชนะที่ใช้ครั้งเดียวทิ้ง เช่น กล่อง ถาดโฟม ถ้วย ช้อน	เทอร์โมมิเตอร์ ฉนวน ภาชนะบรรจุไข่ ถาดใส่เครื่องเขียน โครงป้ายทะเบียนรถยนต์ และไม้บรรทัด
	พลาสติกที่ไม่ใช่ 6 ประเภทข้างต้น หรือไม่ทราบว่าเป็นพลาสติกชนิดใด	เกิดจากการผสมของพลาสติกชนิดต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน	ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบโพลิเมอร์ของพลาสติกชนิดนั้น ๆ	ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบโพลิเมอร์ของพลาสติกชนิดนั้น ๆ

ที่มา: Chinsirikul, 2001, p. 63-65.

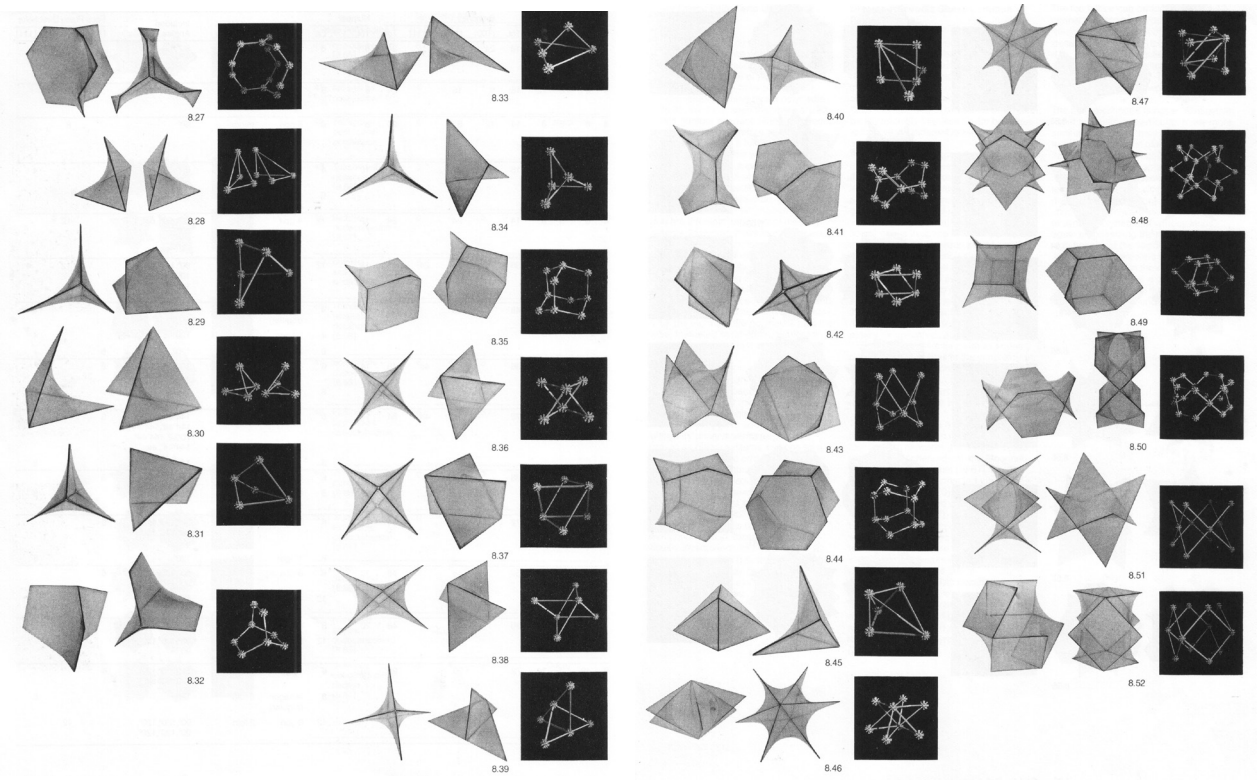
ใช้วัสดุในงานออกแบบ และเมื่อวัสดุได้ถูกศึกษาลงในรายละเอียดหรือถูกทำการวิจัย ความเป็นไปได้ใหม่ ๆ สำหรับสถาปัตยกรรมในอนาคตก็ถูกนำเสนอด้วย

การให้ความสำคัญกับสภาวการณ์ดังกล่าวภายในประเทศก็มีการตื่นตัวไม่น้อย โดยหลายหน่วยงานได้มีการศึกษาวิจัยค้นคว้า และกำหนดโครงการที่สนับสนุนแนวคิดการนำกลับมาใช้ใหม่และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรณรงค์และสร้างจิตสำนึกดังกล่าวผ่านงานออกแบบของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ โดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติได้มีการกระจายความร่วมมือไปยังหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างสังคมแห่งการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมที่เข้มแข็งขึ้นด้วย โดยโครงการความร่วมมือโครงการหนึ่งที่สำคัญ และเป็นการร่วมมือโดยตรงกับภาคการศึกษา คือความร่วมมือกับคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมืองมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ชื่อโครงการ ศูนย์เครือข่ายเพื่อการออกแบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นศูนย์ออกแบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแห่งแรกในประเทศไทยโดยความร่วมมือดังกล่าวนี้ เป็นการบูรณาการความรู้ และความเชี่ยวชาญเข้าด้วยกันเพื่อส่งเสริมให้เกิดผลงานออกแบบที่ดีขึ้นสู่สังคม

นอกจากนี้ ยังมีผลงานของนักวิจัย และนักออกแบบไทยจำนวนไม่น้อยที่ให้ความสำคัญในการแก้ไขปัญหานี้โดยการเพิ่มมูลค่าของขยะโดยใช้หลักการของการออกแบบสร้างคุณค่าใหม่ให้เกิดประโยชน์ใช้สอยได้ ตัวอย่างหนึ่งได้แก่การนำเศษวัสดุมาพัฒนาเป็นวัสดุใหม่ หรือออกแบบเป็นเฟอร์นิเจอร์ประกอบอาคาร ซึ่งเป็นผลงานวิจัยของ ผศ.ดร. สิงห์ อินทรชูโต หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตร-ศาสตร์ โดยได้นำวัสดุเหลือใช้จากการก่อสร้างหรือโรงงานมาออกแบบเป็นเฟอร์นิเจอร์และเครื่องใช้ ที่ได้รับการยอมรับในแวดวงงานออกแบบทั้งในประเทศและระดับนานาชาติ

4. การสร้างรูปทรงและโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม

การศึกษาโครงสร้าง และการเกิดขึ้นของรูปทรงสัมพันธ์โดยตรงกับการศึกษาสถาปัตยกรรม โดยทฤษฎีการสร้างรูปทรงและโครงสร้าง (Morphology Theory) ที่นำมาใช้เป็นแนวทางการทำงานในงานวิจัยชิ้นนี้ ได้ศึกษาถึงทฤษฎีการพัฒนารูปทรงโดยพิจารณาที่ระบบเชื่อมต่อที่แสดงถึงความเป็นไปได้ต่าง ๆ ในการสร้างรูปทรง โดยเป็นแนวคิดที่ว่าด้วยเรื่องของ Saddle Polyhedra and Continuous Surfaces as Environmental Structure ดังรูปที่ 2 ที่อ้างอิงจากทฤษฎีทางโครงสร้าง (Theory of Structure) และทฤษฎีระบบจัดเรียงที่ว่าง (Theory of Spatial Order)



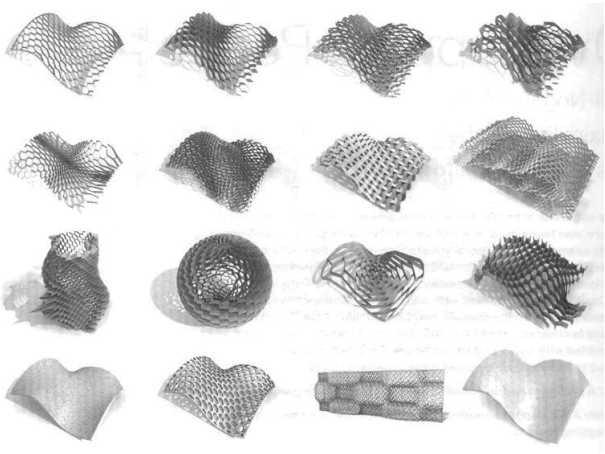
รูปที่ 2 ลักษณะโครงสร้างแบบ Saddle Polyhedra

ทฤษฎีนี้กล่าวถึงวิธีการพัฒนารูปทรงโดยเริ่มต้นจากรูปทรงหลายเหลี่ยมหนึ่งหน่วยที่สามารถเชื่อมต่อกันได้หลากหลายวิธี เกิดเป็นรูปทรงใหม่ ด้วยหลักการทางโครงสร้างในเชิงสถาปัตยกรรม โดยวิธีที่เป็นไปได้ที่จะทำให้ส่วนประกอบต่าง ๆ ไม่ว่าจะมีลักษณะ ขนาด น้ำหนัก หรือรูปร่างแบบใด เชื่อมต่อกันได้ในทางกายภาพ เกิดเป็นโครงสร้างในลักษณะต่าง ๆ นั้น จะถูกควบคุมด้วยหลักการทางกายภาพของรูปทรงเรขาคณิต ที่ว่าด้วยเรื่องการสมมาตร (Physic Geometrical Laws of Symmetry) ซึ่งกฎดังกล่าวสามารถอธิบายได้ในทางคณิตศาสตร์ด้วยความสัมพันธ์เชิงนามธรรมของจุดและเส้นที่เชื่อมต่อองค์ประกอบนั้นในอากาศ ซึ่งข้อในการพิจารณานี้ จะถูกเรียกว่า Morphological Approach ซึ่งส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงสร้างที่สามารถประกอบเข้าด้วยกันได้นี้จะถูกแสดงออกมาเป็นการเกิดของรูปทรงต่าง ๆ ต่อไป (Pearce, 1990)

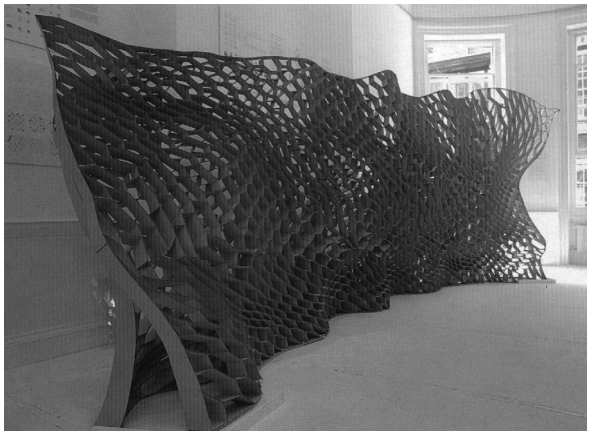
สำหรับการออกแบบรูปทรงสำหรับใช้ในงานวิจัยนี้ นอกจากใช้หลักการของทฤษฎีข้างต้นยังคำนึงถึงการประหยัดโครงสร้างโดยหาความเป็นไปได้ในการทำให้เกิดโครงสร้างโดยใช้องค์ประกอบของชิ้นส่วนของวัสดุให้น้อยที่สุด โดยอาศัยหลักการของ Modular System ด้วย

ตัวอย่างงานออกแบบที่สร้างรูปทรงภายใต้แนวคิดทฤษฎีดังกล่าวได้แก่ ผลงานออกแบบ Honeycombing ของ Andrew Kudless ภายใต้โครงการ Manifold ซึ่งการดำเนินการวิจัยดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ภายใต้หัวข้อ Emergent Technologies ที่ Architectural Association ลอนดอน ประเทศอังกฤษ ความมุ่งหมายของโครงการเพื่อต้องการสร้างระบบเรขาคณิตที่มีความเฉพาะเจาะจงเป็นพิเศษที่ตอบสนองความหลากหลายของตัวแปรในการเกิดลักษณะของพื้นผิว โดยระบบเป็นการศึกษางานผ่านรูปทรงเรขาคณิตชีวภาพ (Biomimetic) พัฒนาสู่งานสถาปัตยกรรม โดยใช้เทคนิคของ Algorithmic ร่วมกับรูปทรงโมดูลาร์พื้นฐานของรูปหกเหลี่ยมแบบรังผึ้ง โดยระบบที่เกิดขึ้นมีความยืดหยุ่น และสามารถตอบรับกับลักษณะการโค้งของผิวได้อย่างหลากหลายดังรูปที่ 3 ซึ่งโครงการนี้ใช้ประโยชน์จากซอฟท์แวร์และเทคโนโลยีการผลิตที่มีอยู่เดิม แต่สามารถสร้างสรรค์ระบบการก่อสร้าง และการเกิดขึ้นของโครงสร้างใหม่ๆได้อย่างน่าสนใจดังรูปที่ 4 (Tank, 2007)

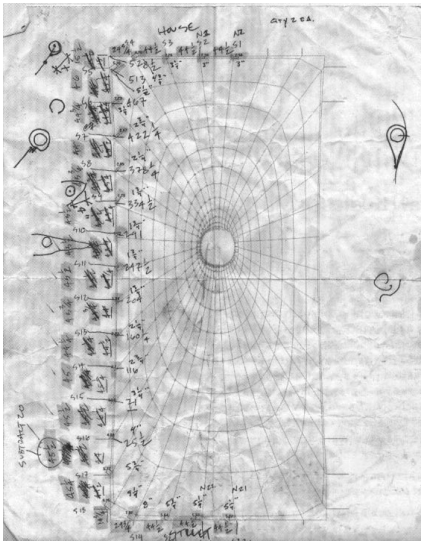
อีกหนึ่งตัวอย่างคือผลงานออกแบบ Overlapping Petals ในโครงการ Maximilian's Schell โดย Ball-Nogues Studio ผลงานถูกติดตั้งที่บริเวณสนาม Material & Applications ของศูนย์วิจัยศิลปะ สถาปัตยกรรม และภูมิสถาปัตยกรรมของเมืองลอสแองเจิลลิส สหรัฐอเมริกา โดยมีการออกแบบและสร้างเป็นศิลปะติดตั้ง (Installation Art) ที่ปรากฏขึ้นในรูปทรงของ Tensile Vortex โดยแนวความคิดเบื้องต้นในการออกแบบโครงการนี้อ้างอิงจากการทดลองหาพื้นผิวสัมผัสที่น้อยที่สุดระหว่างการเกาะกันของฟองสบู่ ซึ่งวิศวกรชื่อ Frei Otto ได้ศึกษาไว้ตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1950 โดยสถาปนิกได้ทำงานร่วมกับวิศวกรโครงสร้างในการสร้างรูปทรงเรขาคณิต โดยใช้ซอฟท์แวร์ Finite-Element Calculator ในการประมวลขนาดและลักษณะของแต่ละชิ้นส่วนเพื่อประกอบขึ้นเป็นรูปทรงตามที่กำหนดดังรูปที่ 5 โดยผืนโครงสร้างดังกล่าวเกิดจากแผ่นไฟเบอร์สังเคราะห์ที่ตัดด้วยเครื่อง CNC มีลักษณะเหมือนกลีบดอกไม้วางเรียงซ้อนกันและยึดด้วยหมุดเหล็กดังรูปที่ 6 (Tank, 2007)



รูปที่ 3 ไดอะแกรมพื้นผิว



รูปที่ 4 โครงสร้างจริงที่ถูกติดตั้ง



รูปที่ 5 แบบร่างของโครงสร้าง

รูปที่ 6 โครงสร้างจริงที่ถูกติดตั้ง

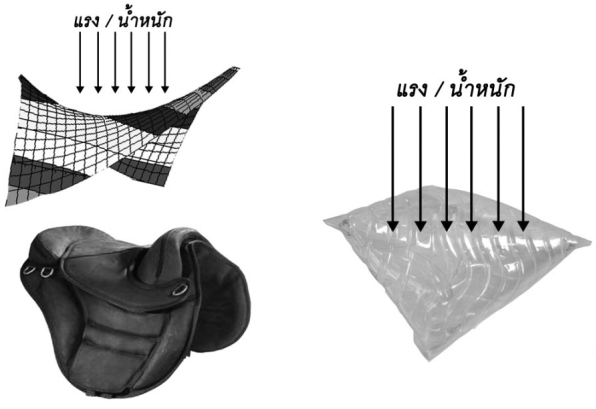
รูปที่ 7 ขวดน้ำดื่มพลาสติกชนิด PET

5. การศึกษาทดลองสร้างวัสดุต้นแบบ และระบบเชื่อมต่อ

วัสดุที่ใช้ในการทดลองคือ ขยะบรรจุภัณฑ์พลาสติกเฉพาะขวดน้ำดื่ม ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์เหลือใช้ที่ง่ายต่อการทำความสะอาดเพื่อเตรียมเป็นวัสดุในการทำการวิจัย โดยเลือกขวดน้ำดื่มพลาสติกชนิด PET หรือโพลิเอททีลีนเทเรฟธาเลท (Polyethylene Terephthalate: PET/PETE) ดังรูปที่ 7 เนื่องจากมีคุณสมบัติโปร่งใสแข็งแรง เหนียว มีน้ำหนักเบา ทนต่ออุณหภูมิได้ถึงประมาณ 70-100°C สามารถพัฒนาเป็นวัสดุที่ใช้ในงานออกแบบสถาปัตยกรรมได้ ขวดน้ำดื่มพลาสติกที่เลือกใช้คือขนาด 1.5 ลิตร เนื่องจากมีขนาดพื้นที่ผิวมากพอที่จะขึ้นรูปเป็นวัสดุต้นแบบได้

วัสดุต้นแบบที่ได้เกิดจากการตัดส่วนกลางของขวดมาคลี่ออกเป็นแผ่น แล้วดัดขึ้นรูปโดยให้ปลายแผ่นพับเข้าสู่จุดศูนย์กลาง และยึดติดส่วนปลายทั้งสองด้านด้วยลวด ดังรูปที่ 8 เพื่อให้วัสดุเกิดการคงรูป รูปแบบของวัสดุที่พับขึ้นรูปแล้วจะมีลักษณะโก่งแข็งขึ้นคล้าย “อานม้า” ดังรูปที่ 9 ซึ่งมีคุณสมบัติในการรับแรง รับน้ำหนักได้ โดยชิ้นส่วนเดี่ยวนี้จะนำไปประกอบเป็นชิ้นส่วนย่อยในรูปแบบต่าง ๆ กันเพื่อใช้ในการออกแบบต่อไป

การทดลองออกแบบรูปแบบการเชื่อมต่อของวัสดุต้นแบบแสดงให้เห็นในไดอะแกรมดังนี้



รูปที่ 9 วัสดุต้นแบบลักษณะคล้ายอานม้า

รูปที่ 8 การพับขึ้นรูปวัสดุต้นแบบ 1 ยูนิต

1. รูปแบบการต่อชิ้นส่วนย่อย รูปแบบ A

ลักษณะประกอบด้วยชิ้นส่วนเดี่ยวจำนวน 2 ชิ้น ชนเข้าหากันในลักษณะคว่ำ ข้อต่อทุกจุดยึดติดกันเป็นข้อแข็งทำให้มีคุณสมบัติในการรับแรงกระทำบริเวณจุดยอดของชิ้นส่วนสูง ดังรูปที่ 10

2. รูปแบบการต่อชิ้นส่วนย่อย รูปแบบ B

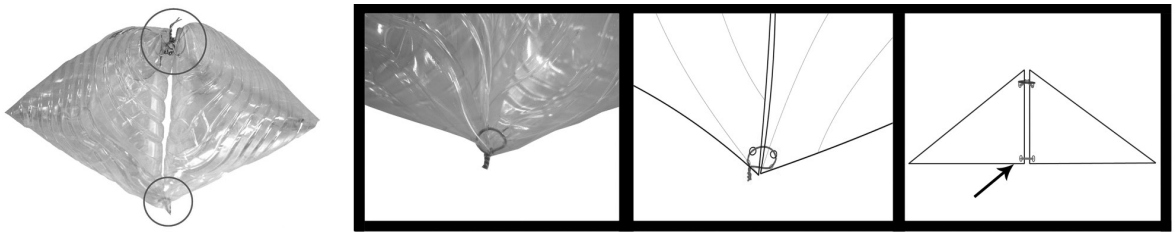
ลักษณะประกอบด้วยชิ้นส่วนเดี่ยวจำนวน 3 ชิ้น ชนเข้าหากันในลักษณะหงาย โดยเชื่อมต่อจุดปลายที่ชนแต่ละจุดเข้าด้วยกัน บริเวณจุดยอดไม่มีการเชื่อมข้อต่อ ทำให้โครงสร้างมีความยืดหยุ่นดังรูปที่ 11

3. รูปแบบการต่อชิ้นส่วนย่อย รูปแบบ C

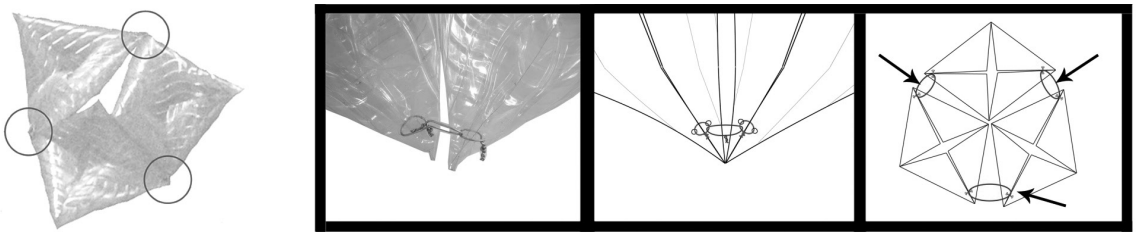
ลักษณะประกอบด้วยชิ้นส่วนเดี่ยวจำนวน 3 ชิ้น โดย 2 ชิ้นชนเข้าหากันในลักษณะหงาย และเชื่อมจุดปลายที่ชนกันเข้าด้วยกัน ส่วนอีก 1 ชิ้นเป็นชิ้นส่วนเดี่ยวเชื่อมต่อกับ 2 ชิ้นส่วนหงาย ที่กล่าวข้างต้น ในลักษณะคว่ำ โดยเชื่อมต่อส่วนปลายบริเวณที่ข้อต่อชนกัน ดังรูปที่ 12 จากลักษณะโครงสร้างของชิ้นส่วน บริเวณจุดส่วนยอดไม่มีการเชื่อมข้อต่อ ทำให้โครงสร้างมีความยืดหยุ่นแต่จะมีความแข็งแรงมากกว่าในชิ้นส่วนย่อยรูปแบบ B เนื่องจากมีชิ้นส่วนหนึ่งชิ้นที่มีลักษณะคว่ำ ช่วยในการรับแรงกดได้มากกว่า

4. รูปแบบการต่อชิ้นส่วนย่อย รูปแบบ D

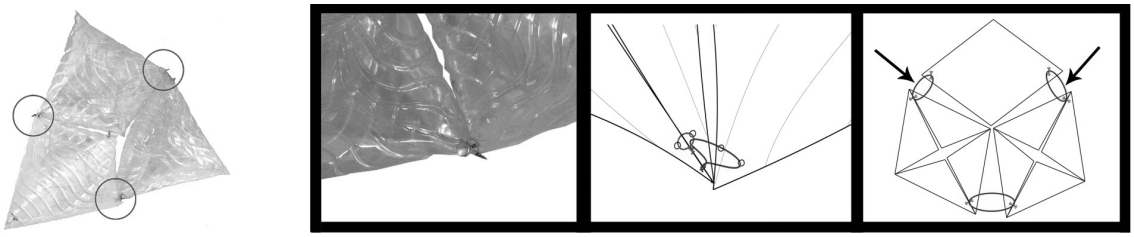
ลักษณะประกอบด้วยชิ้นส่วนเดี่ยวจำนวน 5 ชิ้น 4 ชิ้น ชนเข้าหากันในลักษณะหงาย โดยมีชิ้นส่วนเดี่ยวที่มีลักษณะคว่ำ เชื่อมต่อบริเวณส่วนกลางของโครงสร้าง ดังรูปที่ 13 ซึ่งทำให้ชิ้นส่วนย่อยรูปแบบ D นี้มีความแข็ง



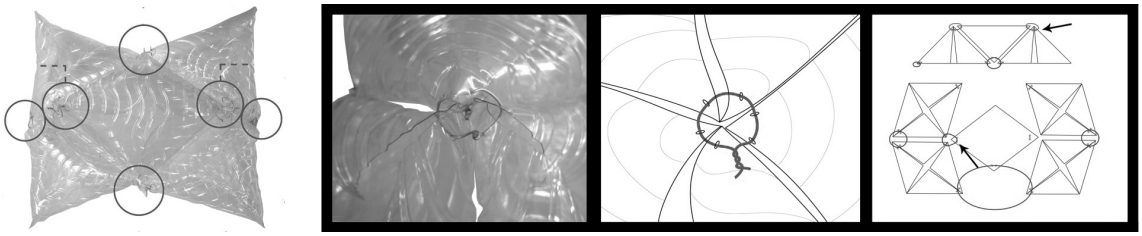
รูปที่ 10 การต่อชิ้นส่วนย่อย รูปแบบ A



รูปที่ 11 การต่อชิ้นส่วนย่อย รูปแบบ B



รูปที่ 12 การต่อชิ้นส่วนย่อย รูปแบบ C



รูปที่ 13 การต่อชิ้นส่วนย่อย รูปแบบ D

แรงมาก เนื่องจากข้อต่อทุกจุดยึดติดกันเป็นข้อแข็งทำให้มีคุณสมบัติในการรับแรงกระทำบริเวณจุดยอดของชิ้นส่วนสูง

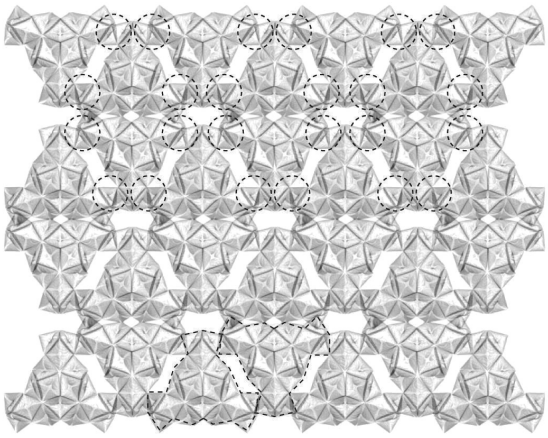
รูปแบบการประกอบสำหรับการใช้งานเลือกใช้รูปแบบการต่อแบบผสม โดยนำรูปแบบ A B C D ซึ่งมีลักษณะคล้ายรูปสามเหลี่ยมมาวางสลับหัวท้ายกันแล้วนำระบบเชื่อมต่อมาใช้เชื่อมระหว่างมุมทั้งสามของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 14 และสามารถต่อขยายออกเป็นผืนดังรูปที่ 15

6. การออกแบบเพื่อใช้งานเชิงสถาปัตยกรรม

วัสดุต้นแบบมีศักยภาพที่จะพัฒนาเพื่อใช้งานในเชิงสถาปัตยกรรม โดยการวิจัยได้ทดลองออกแบบเป็นที่กรองแสงสำหรับลานจอดรถอาคารคณะสถาปัตยกรรม-ศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นลานคอนกรีตกว้างประมาณ 2,980 ตารางเมตร สามารถจอดรถได้ประมาณ 123 คัน เป็นลานจอดรถกลางแจ้ง ไม่มีหลังคา มีเพียงต้นไม้ปลูกอยู่บริเวณรอบ ๆ ลานจอดรถ และได้รับร่มเงาจากตัวอาคารในบางเวลาเท่านั้น ดังรูปที่ 16 สิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการนำรูปแบบมาติดตั้งเป็นโครงสร้างหลังคานั้น ได้แก่ เสาไฟที่ตั้งอยู่บริเวณเกาะกลาง และต้นไม้ซึ่งปลูกอยู่บริเวณเดียวกัน โดยโครงสร้างหลังคานั้นจะต้องมีความสูงที่เพียงพอสำหรับการจอดรถ และตอบรับกับการเจริญเติบโตของต้นไม้ และการใช้งานบริเวณนั้นด้วย

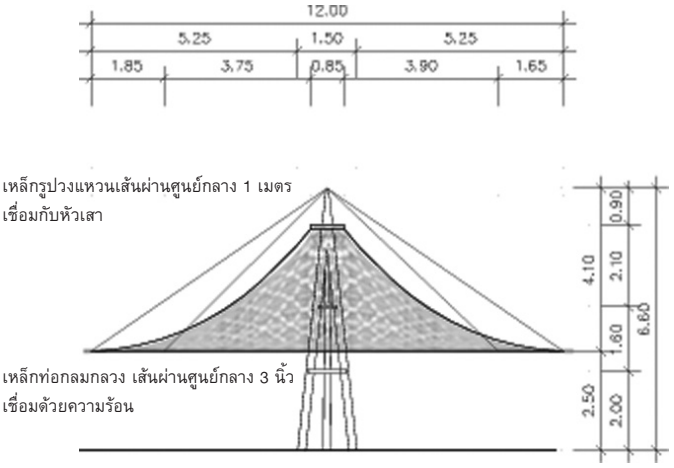
โครงสร้างที่นำมาใช้ทำหลังคาลานจอดรถนั้น เป็นโครงสร้างแบบขึง ซึ่งประกอบด้วย เสาโครงสร้างซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักบนพื้น และมีโครงรูปวงแหวนด้านบนและโครงสร้างแบบขึงโดยใช้สายเคเบิ้ลเป็นตัวยึดหลังคาให้คงรูปร่างอยู่ได้ ดังรูปที่ 17 ซึ่งสายเคเบิ้ลจะช่วยในการพยุงน้ำหนักของตัวหลังคา ถ่ายน้ำหนักไปยังเสา

รูปที่ 14 รูปแบบผสมและการเชื่อมต่อที่นำมาใช้



รูปที่ 15 การประกอบเป็นโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่

รูปที่ 16 ลานจอดรถของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง



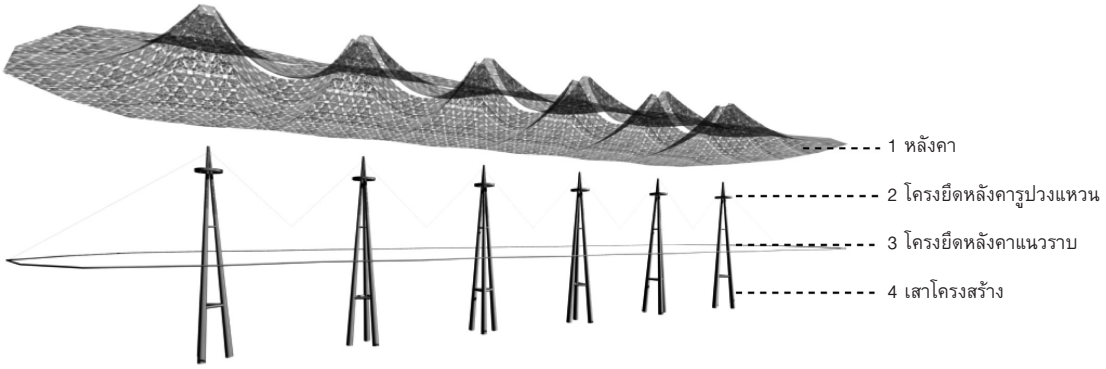
รูปที่ 17 ขนาดและสัดส่วนของโครงสร้าง

โครงสร้างและถ่ายน้ำหนักลงสู่พื้นดิน ซึ่งสายเคเบิ้ลยังมีส่วนช่วยในการรักษารูปร่างของหลังคาเมื่อเกิดแรงลมอีกด้วย

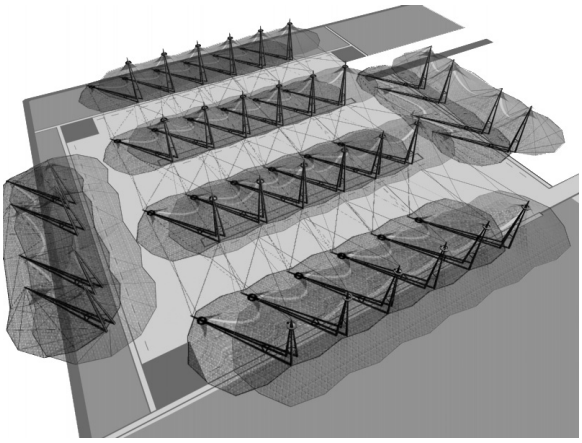
ลักษณะของเสาโครงสร้างเป็นท่อเหล็กกลมสามท่อนเชื่อมติดกัน และวางทำมุมที่มีฐานเป็นสามเหลี่ยม รูปแบบดังกล่าวเกิดจากการต้องการแก้ปัญหาต้นไม้ล้ม ซึ่งเกิดขึ้นบ่อยครั้งในมหาวิทยาลัย ด้วยความสูงของเสาโครงสร้าง สามารถรองรับความสูงของต้นไม้ที่สูงขึ้นตามการเจริญเติบโตตามธรรมชาติได้ และมีความแข็งแรงกว่าโครงสร้างค้ำยันที่มีอยู่เดิม ซึ่งจากปัจจัยดังกล่าว ทำให้ตำแหน่งของเสาโครงสร้างนั้นอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกับต้นไม้ที่มีอยู่ภายในพื้นที่ลานจอดรถ ซึ่งวางอยู่ตามเกาะกลางและทางเท้าของลานจอดรถ เพื่อความสวยงามเป็นระเบียบ และเพื่อใช้แก้ปัญหาเรื่องต้นไม้ดังกล่าว

เนื่องจากสภาพทั่วไปทางกายภาพของพื้นที่ลานจอดรถเป็นพื้นที่ใช้งานกลางแจ้ง ต้องพบกับสภาพอากาศหลายรูปแบบทั้งแสงแดด ลม และฝน โครงสร้างและประเภทของวัสดุที่ใช้จึงต้องมีความแข็งแรงทนทาน มีอายุการใช้งานนาน และดูแลรักษาง่าย เพื่อให้ตอบรับกับสภาพแวดล้อมที่มีอยู่ เสาโครงสร้างจึงใช้ท่อเหล็กกลมกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว โดยเสาหนึ่งต้นจะประกอบด้วยท่อเหล็กกลมสามท่อนวางทำมุมกันเป็นรูปสามเหลี่ยม เชื่อมด้วยความร้อน และมีเหล็กท่อกลมยึดท่อทั้งสามไว้ในแนวราบ และมีเหล็กรูปวงแหวนอยู่ด้านบนของเสาทำหน้าที่ยึดหลังคาด้านบน คล้ายเสากระโดงเรือ ดังรูปที่ 18 เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับหลังคาและฐานของโครงสร้าง

หลังคามีรูปทรงคล้ายร่ม ลักษณะเป็นวงกลมโดยขนาดของหลังคาต่อเสาหนึ่งต้นนั้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เมตร ดังรูปที่ 19 ซึ่งรูปแบบผสมที่นำมาใช้ทำเป็นหลังคานั้นมีขนาดประมาณ 60 x 90 เซนติเมตร ต่อ 1 ชิ้น และเมื่อนำมาต่อกันโดยใช้ระบบเชื่อมต่อดังที่กล่าวไปข้างต้นแล้ว การทำหลังคา 1 โมดูลจะใช้ตัวชิ้นส่วนย่อย ๆ ประมาณ 840 ชิ้น ซึ่งหลังคาที่ได้นั้นมีขนาดค่อนข้างใหญ่และสูง ทำให้มีปัจจัยเรื่องลมเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงใช้สายเคเบิ้ลเป็นตัวดึงปลายของหลังคาดังกล่าว ภาพรวมที่ได้ ดังรูปที่ 20



รูปที่ 18 โครงสร้างหลังคา



รูปที่ 19 ภาพรวมพื้นที่จอดรถเมื่อทำการติดตั้งหลังคา

รูปที่ 20 ทัศนียภาพลานจอดรถ

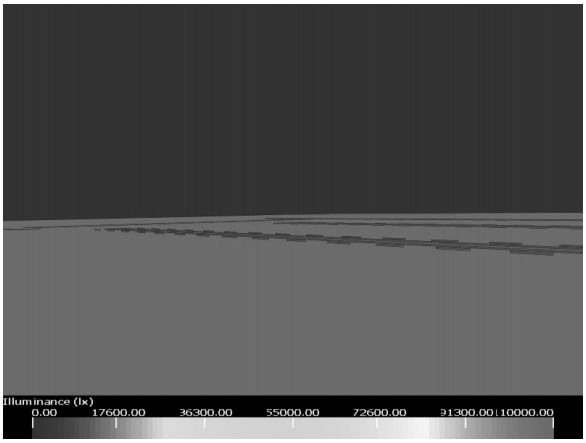
7. ผลการวิจัยปริมาณแสงที่ส่องผ่านวัสดุต้นแบบ

การทดลองเพื่อหาปริมาณแสงที่ส่องผ่านวัสดุต้นแบบสำหรับการวิจัยนี้ ได้มีการทำแบบจำลองของวัสดุต้นแบบขึ้นด้วยโปรแกรม 3D Studio Max ซึ่งสามารถสร้างโมเดลให้ใกล้เคียงกับวัสดุต้นแบบได้ ทั้งลักษณะของวัสดุและรูปแบบการประกอบ จากนั้น ได้ตั้งค่าความสว่างของแสงตามความเป็นจริง โดยโปรแกรมสามารถคำนวณปริมาณของแสงสว่าง และสามารถประมวลผลออกมาเป็นค่าตัวเลขอย่างละเอียดได้ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมนี้ในการวัดปริมาณของแสงที่ผ่านหลังคาที่ทำขึ้น เพื่อสรุปและแสดงผลของการวิจัยในครั้งนี้

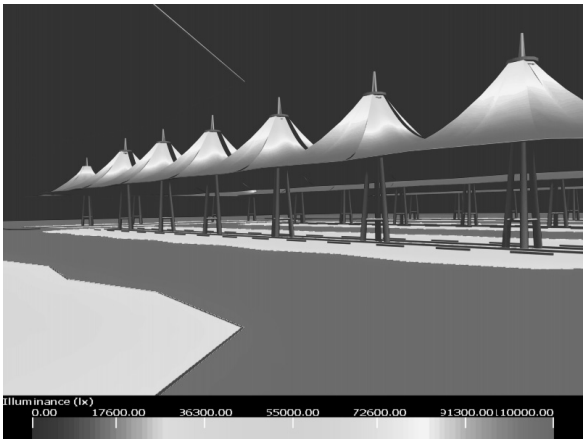
ภาพแสดงปริมาณแสงที่จุดต่าง ๆ บนพื้นที่ลานจอดรถ ซึ่งคำนวณจากโปรแกรม 3D Studio Max ได้มีการตั้งค่าความสว่างของแสงตามความเป็นจริง โดยค่าความสว่างของแสงอาทิตย์มีค่าประมาณ 100,000 ลักซ์ และมีการตั้งค่าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ประกอบตามความเป็นจริงด้วยเช่นกัน ได้แก่ ทิศทางที่ตั้ง รวมถึงวันและเวลาซึ่งได้กำหนดให้เป็นวันที่ 21 เมษายน เวลา 12.00 น. ซึ่งเป็นวันที่ร้อนที่สุด จากการเก็บสถิติของกรมอุตุนิยมวิทยา ผลที่แสดงค่าสีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในภาพเป็นค่าความสว่างของแสงที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวนั้น ซึ่งจะเห็นว่าบริเวณพื้นลานจอดรถจะปรากฏเป็นแถบสีแดง ดังรูปที่ 21 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 2 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของค่าความสว่างและแถบสีจะพบว่าเป็นแถบสีที่มีความสว่างมากที่สุด ซึ่งหมายถึงพื้นที่ดังกล่าวมีค่าความสว่างของแสงมาก ส่วนบริเวณที่เป็นหลังคาของลานจอดรถปรากฏเป็นสีที่ไล่เฉดจากแดงไปจนกระทั่งเป็นสีเขียว ดังรูปที่ 22 เมื่ออ้างอิงจากตารางจะพบว่าค่าปริมาณแสงลดน้อยลงและบริเวณพื้นที่ใต้หลังคา ปรากฏเป็นสีเขียวอมเหลือง

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของค่าความสว่างและแถบสี

ช่วงค่าความสว่าง (ลักซ์)	แถบสี
0 – 17,600	น้ำเงิน – ฟ้า
17,601 – 36,300	ฟ้า – ฟ้าอมเขียว
36,301 – 55,000	ฟ้าอมเขียว – เขียว
55,001 – 72,600	เขียว – เขียวอมเหลือง
72,601 – 91,300	เขียวอมเหลือง – แสด
91,301 – 100,000	แสด – แดง



รูปที่ 21 ค่าแสงที่ตกกระทบบนลานจอดรถ



รูปที่ 22 ค่าแสงที่ตกกระทบบนลานจอดรถเมื่อติดตั้งที่กรองแสง

ซึ่งเป็นบริเวณที่แสงผ่านตัวหลังคาลงมายังพื้นลานจอดรถ โดยมีค่าประมาณ 60,000–72,600 ลักซ์ เมื่อเทียบจากค่าสีด้านล่าง ซึ่งเมื่อคำนวณแล้ว สามารถสรุปได้ว่า พื้นผิวหลังคานี้สามารถลดความสว่างของแสง ได้ประมาณ 40%

8. สรุปผลการศึกษาวิจัย

วัสดุต้นแบบสามารถลดปริมาณแสงที่ส่องผ่านพื้นผิวหลังคาได้ประมาณ 40% เปรียบเทียบกับตาข่ายกรองแสงที่ใช้กับที่จอดรถกลางแจ้งซึ่งสามารถกรองแสงได้ระหว่าง 50-80% เรื่องวัสดุที่ใช้ในการผลิตวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตวัสดุต้นแบบ ผลิตจากพลาสติกชนิด PET หรือโพลิเอททีลีน เทเรฟธาเลท (Polyethylene Terephthalate: PET/PETE) ซึ่งมีคุณสมบัติโปร่งใสคล้ายแก้ว เหนียว มีน้ำหนักเบา ทนต่ออุณหภูมิได้ถึงประมาณ 70-100°C ส่วนตาข่ายกรองแสงผลิตจากพลาสติกชนิด HDPE หรือโพลิเอททีลีน ความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) ดังตารางที่ 3 โดยมีคุณสมบัติ มีสีขุ่น

ตารางที่ 3 คุณสมบัติตาข่ายกรองแสงที่จำหน่ายในท้องตลาด

การใช้งาน	ใช้คลุมสำหรับลดความสว่าง หรือกรองแสงแดด
วัตถุดิบ	เม็ดพลาสติกโพลิเอททีลีนชนิดความหนาแน่นสูง HDPE (High Density Polyethylene)
การกรองแสง	50%, 60%, 70%, 80%
สี	ดำ เขียว น้ำเงิน และสีแดง (สีน้ำเงินและสีแดงจะมีเฉพาะที่ 80% เท่านั้น)
ความกว้าง	100 เซนติเมตร – 300 เซนติเมตร (สำหรับการสั่งทำกรณีพิเศษ)
ความยาว / ม้วน	100 เมตร – 500 เมตร (สำหรับการสั่งทำกรณีพิเศษ)

หมายเหตุ ขนาดมาตรฐานที่ขายในประเทศไทย จะเป็น 2 เมตร X 100 เมตร เท่านั้น ที่มา: Thai Prasit Textile, 2009.

กันน้ำและความชื้นได้ดี ทนการกัดกร่อนของสารเคมี ทนอุณหภูมิได้ 105°C ราคาของวัสดุต่อตารางเมตร วัสดุต้นแบบใช้ขวดพลาสติกประมาณ 120 ขวด ต่อตารางเมตร ซึ่งราคาขายเศษขวดพลาสติกชนิด PET ต่อ 1 กิโลกรัม คือ 17 บาท (Wongpanit, 2009) ได้จำนวนขวดประมาณ 30 ขวด ดังนั้นราคาวัสดุต้นแบบต่อ 1 ตารางเมตรคือ ประมาณ 68 บาท (ยังไม่รวมค่าประกอบเป็นผืน) ส่วนราคาของตาข่ายกรองแสงต่อตารางเมตร คือ 20-23 บาท (ราคาจากศูนย์จำหน่ายวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างโฮมโปร สอบถามเมื่อเดือนเมษายน 2552) การดูแลรักษา และการทำความสะอาด เนื่องจากวัสดุต้นแบบมีรอยพับสำหรับการขึ้นรูปทรง ประกอบกับลักษณะบริเวณการเชื่อมต่อชิ้นส่วนซึ่งมีลักษณะเป็นซอก จึงสามารถกักเก็บฝุ่นได้ และยากต่อการทำความสะอาด

9. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1. ควรมีการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาช่วยในการขึ้นรูปทรงของวัสดุและโครงสร้าง ซึ่งจะมีประโยชน์ทั้งสามารถสร้างทางเลือกที่หลากหลายของการเกิดขึ้นของรูปทรงและโครงสร้างดังกล่าวอย่างเต็มประสิทธิภาพ และช่วยประหยัดเวลาที่ใช้ในการทำงาน

2. ควรมีการนำความรู้เกี่ยวกับเรื่อง Digital Fabrication มาใช้งานประกอบการทำงาน ยกตัวอย่างเช่น การใช้เครื่องตัด CNC ซึ่งจะสามารถประหยัดเวลาในการเตรียมวัสดุได้มาก

3. มีความเป็นไปได้ที่จะสามารถพัฒนาวัสดุต้นแบบดังกล่าวเข้าสู่ระบบการผลิตอุตสาหกรรม ดังนั้นการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตวัสดุต้นแบบโดยระบบอุตสาหกรรมจึงมีความน่าสนใจและสามารถทำจริงได้

4. จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการหารูปแบบที่เป็นไปได้ในการออกแบบระบบพื้นผิวหลังคา ซึ่งมีหลายรูปแบบแต่ได้เลือกนำมาขยายผลต่อเพียงรูปแบบเดียวเท่านั้น หากมีการศึกษาหรือทดลองนำแต่ละรูปแบบมาผสมผสานกัน จะเกิดผลที่ต่างออกไป ซึ่งอาจทำให้ประสิทธิภาพของการลดความสว่างและความเข้มของแสงมีมากขึ้น และมีความแข็งแรงในด้านโครงสร้างมากขึ้น

5. วัสดุต้นแบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบสถาปัตยกรรม และสถาปัตยกรรมภายในให้เกิดประโยชน์ใช้สอยในรูปแบบอื่น ๆ ได้ เนื่องจากวัสดุต้นแบบถูกออกแบบมาให้มีความยืดหยุ่นในเรื่องของขนาด โดยอ้างอิงกับระบบโมดูลาร์ ดังนั้นจึงสามารถต่อขยายขนาดได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำวิจัยขอขอบคุณกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประเภททุนนักวิจัยรุ่นใหม่ ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณที่ปรึกษางานวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ ดร. จตุวัฒน์ วโรดมพันธ์ รวมถึง นางสาวศจี วิสารทศจี และนายชานนท์ อัมพรศิริสิน เรื่องกราฟิก และโมเดลประกอบการทดลอง

References

Chinsirikul, W. (2001). พลาสติกนวัตกรรมแห่งสหัสวรรษ [Plastic: The innovation of the millenium]. In MTEC, *ความรู้เบื้องต้นด้านวัสดุ [Introduction to metals, ceramics and polymers].* Bangkok, Thailand: National Metal and Materials Technology Center, 61.

Evans, D., & Ross, S. (2003). The environmental effect of reusing and recycling a plastic-based packaging system. *Journal of Cleaner Production, 11*(5), 561-571.

Jira-Arun, N. (2003). ธุรกิจอนาคต พลาสติกรีไซเคิล [The future business in plastic recycle]. *Journal of Plastic and Environment, 3*(21), 12.

Leejarkpai, T. (2006). *รีไซเคิลพลาสติก* [Recycle plastic]. Bangkok, Thailand: National Metal and Materials Technology Center.

Ljungberg, L. Y. (2007). Materials selection and design for development of sustainable products. *Materials & Design, 28*(2), 466-479.

Pearce, P. (1990). *Structure in nature is a strategy for design.* Massachusetts: The MIT Press.

Tank, F. (2007). *Against the grain: Crafting the complex surface.* Praxis: Expanding Surface.

Thai Prasit Textile. (2009). *Woven plastic mesh: HDPE shading net.* Retrieved April 20, 2009, from http://www.thailandmesh.com/th_wpm_shadingnet.htm

Wongpanit. (2009). *Pricing and ordering.* Retrieved April 20, 2009, from http://www.wongpanit.com/pri.pdf

Bibliography

Beylerian, G. M., & Dent, A. (2005). *Material connexion.* New Jersey: John Wiley & Sons.

Brownell, B. (2006). *Transmaterial.* New York: Princeton Architectural Press.

Hensel, M., & Menges, A. (2006). *Morpho-Ecologies.* London: Dexter Graphics.

Pearce, P. (1990). *Structure in nature is a strategy for design.* Massachusetts: The MIT Press.