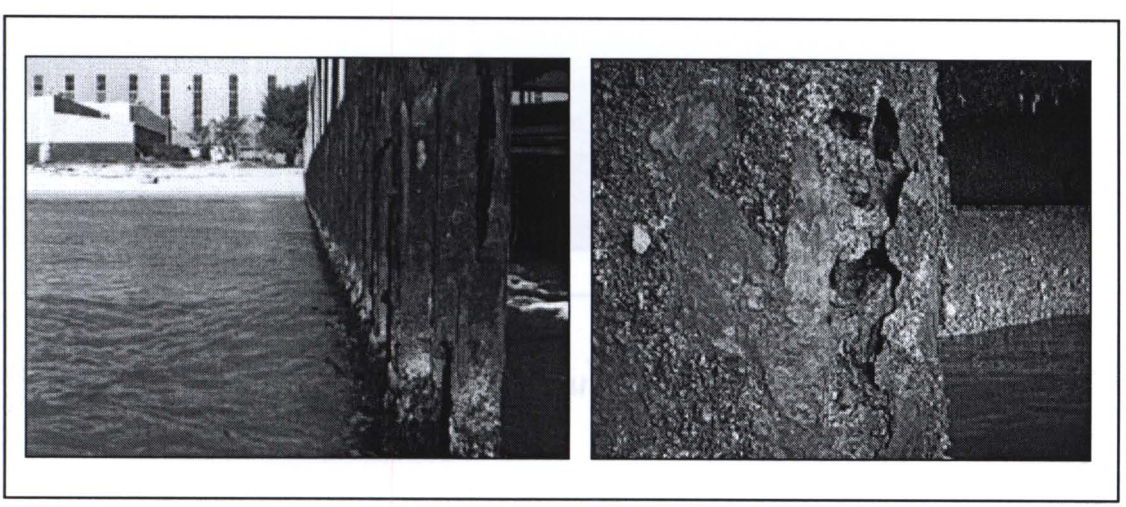
บทที่ 1
บทนำ

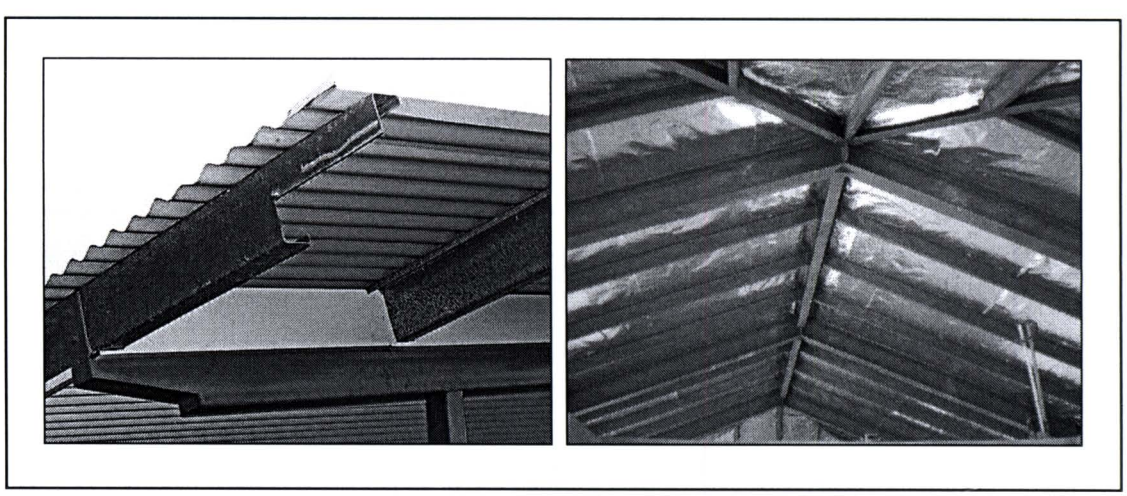
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในงานก่อสร้างด้านวิศวกรรมโยธา เหล็กรูปพรรณหรือเหล็กโครงสร้าง (structural steel) ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในชิ้นส่วนของโครงสร้างหลัก (primary structural member) และชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural member) เนื่องจากมีข้อได้เปรียบเหนือวัสดุก่อสร้างอื่น ๆ หลายประการ ได้แก่ อัตราส่วนกำลังต่อน้ำหนัก (strength-to-weight ratio) ความเหนียว (ductility) และความแกร่ง (stiffness) ที่มีค่าสูง อย่างไรก็ตาม ปัญหาหลักของการใช้เหล็กรูปพรรณเป็นวัสดุก่อสร้าง คือ หากไม่มีการป้องกันและบำรุงรักษาที่ดี โครงสร้างเหล็กจะเกิดการกัดกร่อน (corrosion) เนื่องจากสภาวะอากาศและสารเคมี ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 1.1 ทำให้โครงสร้างไม่สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ (functionally obsolete) ที่ได้ออกแบบไว้ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันปัญหาดังกล่าว โครงสร้างเหล็กจึงควรมีการเคลือบสีกันสนิมด้วย (anti-corrosion paint) และสังกะสี (zinc coating) อย่างสม่ำเสมอตลอดอายุการใช้งาน จึงส่งผลให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและซ่อมแซม (repair and maintenance cost)



รูปที่ 1.1 สภาวะกัดกร่อนเนื่องจากสนิมในโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

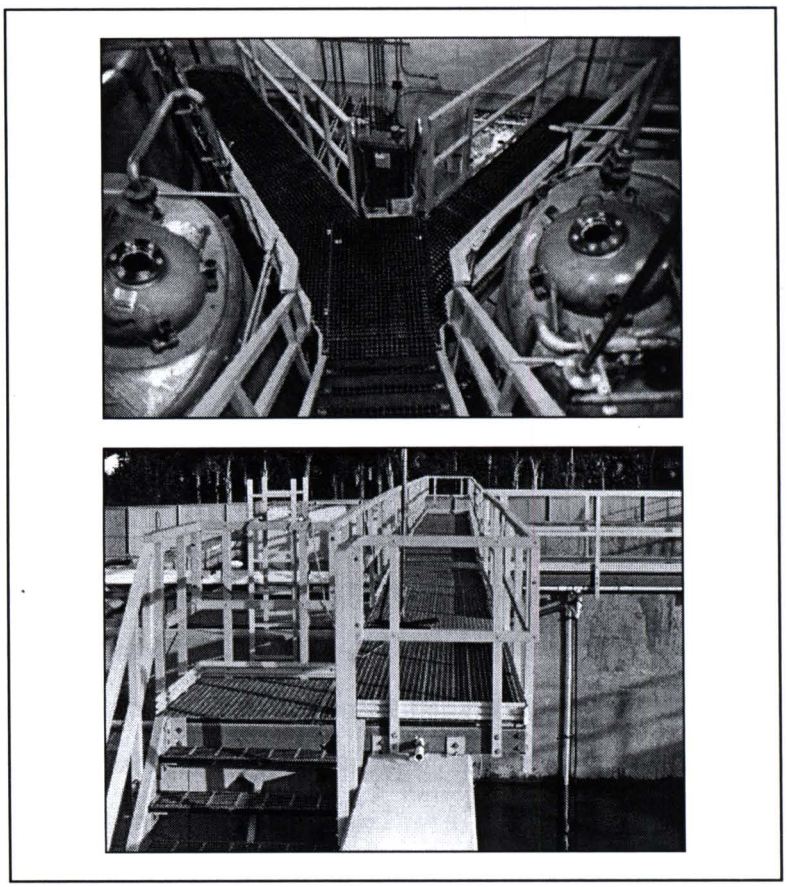
สำหรับงานโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ หน้าตัดเหล็กประเภทหนึ่งที่นิยมใช้ในการรับแรงดัดของโครงสร้าง คือ หน้าตัดรูปตัวซี (C-section) โดยถูกนำมาประยุกต์ใช้ในชิ้นส่วนของโครงสร้าง ตัวอย่างเช่น โครงสร้างแป (purlin) โครงผนังค้ำยัน (wall stud) และชิ้นส่วนในระบบโครงข้อหมุน (truss system) เป็นต้น ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 1.2 และจากข้อมูลล่าสุดของกระทรวงพาณิชย์ (www.moc.go.th, 2553) พบว่าในปี พ.ศ. 2553 ประเทศไทยได้นำเข้าผลิตภัณฑ์เหล็ก (iron and steel products) มากเป็นลำดับที่ 5 ของสินค้านำเข้าทั้งหมด โดยพิจารณาเฉพาะผลิตภัณฑ์เหล็กที่ใช้ในงานก่อสร้างด้านต่าง ๆ คิดเป็นมูลค่าประมาณ 375,000 ล้านบาทและสำหรับปริมาณการใช้งานโดยประมาณของเหล็กรูปพรรณหน้าตัดรูปตัวซีคิดเป็นร้อยละ 0.5 ของปริมาณเหล็กที่นำเข้าทั้งหมด คิดเป็นมูลค่าประมาณ 1,875 ล้านบาท สาเหตุหลักของการนำเข้าผลิตภัณฑ์เหล็ก เนื่องจากประเทศไทยไม่มีแหล่งแร่เหล็ก (iron ore) โดยวัสดุดิบดังกล่าวต้องนำเข้าจากประเทศออสเตรเลียและบราซิล จากนั้นจึงนำมาผ่านการถลุงและผลิตเป็นสินค้าเหล็กรูปพรรณ ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าว ภาครัฐและเอกชนจึงควรส่งเสริมการใช้วัสดุก่อสร้างที่ผลิตในประเทศโดยใช้วัตถุดิบภายในประเทศหรือใช้วัตถุดิบซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศในปริมาณน้อยที่สุดเพื่อทดแทนการนำเข้าผลิตภัณฑ์เหล็กและลดการขาดดุลการค้าระหว่างประเทศ



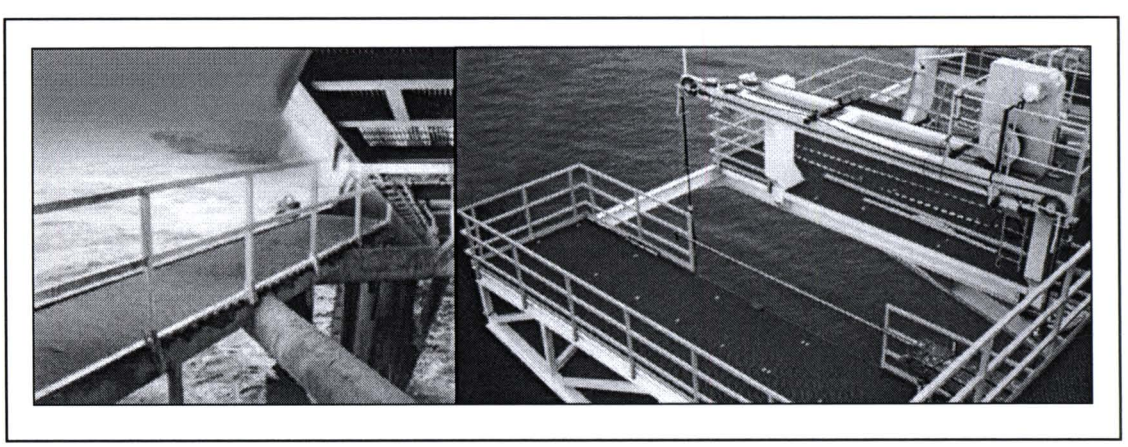
รูปที่ 1.2 โครงสร้างแปและชิ้นส่วนโครงสร้างที่ใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดรูปตัวซี

ที่ผ่านมานักวิจัยในแถบยุโรปและสหรัฐอเมริกาได้พยายามวิจัยค้นหาวัสดุก่อสร้างที่นำมาทดแทนเหล็กรูปพรรณ สำหรับงานก่อสร้างโครงสร้างใหม่ รวมถึงการซ่อมแซมและบำรุงรักษาโครงสร้างเดิมที่เกิดความเสียหายเนื่องจากการกัดกร่อน จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1940 ได้มีการค้นพบวัสดุประกอบ (composite material) ประเภทหนึ่งเรียกว่า พลาสติกเสริมเส้นใย (fiber-reinforced plastic: FRP) โดยวัสดุดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูงในการต้านทานการกัดกร่อนและมีน้ำหนักเบาเมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กรูปพรรณ (Bank, 2006)

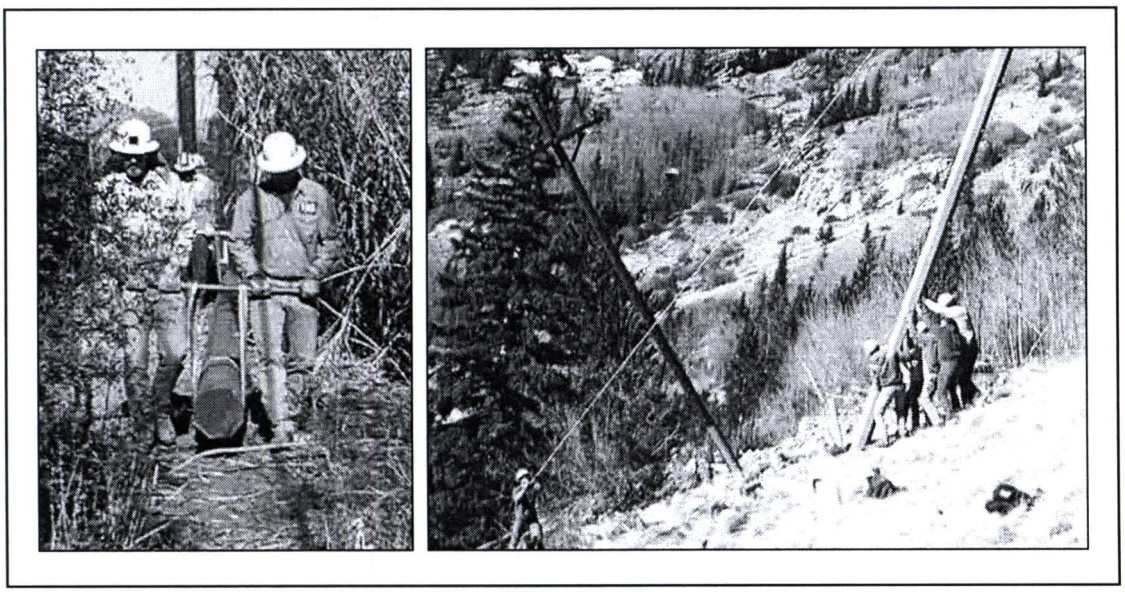
ในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาพลาสติกเสริมเส้นใยชนิดใหม่ขึ้นมากมายในแวดวงวิศวกรรมโดยเฉพาะงานทางด้านวิศวกรรมโยธา อาทิเช่น พลาสติกเสริมเส้นใยคาร์บอน (carbon fiber-reinforced plastic: CFRP) หรือวัสดุพลาสติกเสริมเส้นใยแก้ว (glass fiber-reinforced plastic: GFRP) ซึ่งมักผลิตโดยวิธี Pultrusion หรือเรียกอีกชื่อว่า Pultruded fiber-reinforced plastic (PFRP) วัสดุประกอบประเภทนี้เป็นที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากจากวิศวกรโยธาในหลายประเทศโดยเฉพาะในแถบยุโรปและสหรัฐอเมริกา (Vo and Lee, 2008) วัสดุ PFRP นี้ได้ถูกนำไปใช้ในโครงสร้างบางประเภทแล้ว อาทิเช่น ในบริเวณพื้นที่ ๆ มีการกัดกร่อนรุนแรง ได้แก่ โรงงานบำบัดน้ำเสีย หอทำความเย็น (cooling tower) หอทดสอบนิวเคลียร์ และโรงงานอุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 1.3 หรือโครงสร้างในทะเลและแถบชายฝั่งที่ถูกการกัดกร่อนอย่างรุนแรงโดยคลอไรด์จากน้ำทะเล ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 1.4 รวมทั้งโครงสร้างในบริเวณพื้นที่ ๆ เข้าถึงยาก (hard-to-access area) และมีความลำบากในการก่อสร้างเนื่องจากพื้นที่ไม่อำนวย อาทิเช่น สะพานและเสาไฟฟ้าในพื้นที่ ๆ เป็นภูเขา เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.5 ตลอดจนชิ้นส่วนของอาคารที่ต้องการโครงสร้างที่มีน้ำหนักเบา อาทิเช่น หอสูง ราวสะพาน ราวระเบียงและรั้วกันตกต่าง ๆ เป็นต้น (Creative Pultrusion, 2004) ดังแสดงในรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.3 การประยุกต์ใช้วัสดุ PFRP ในโรงงานบำบัดน้ำเสีย (Bedford, 2005)

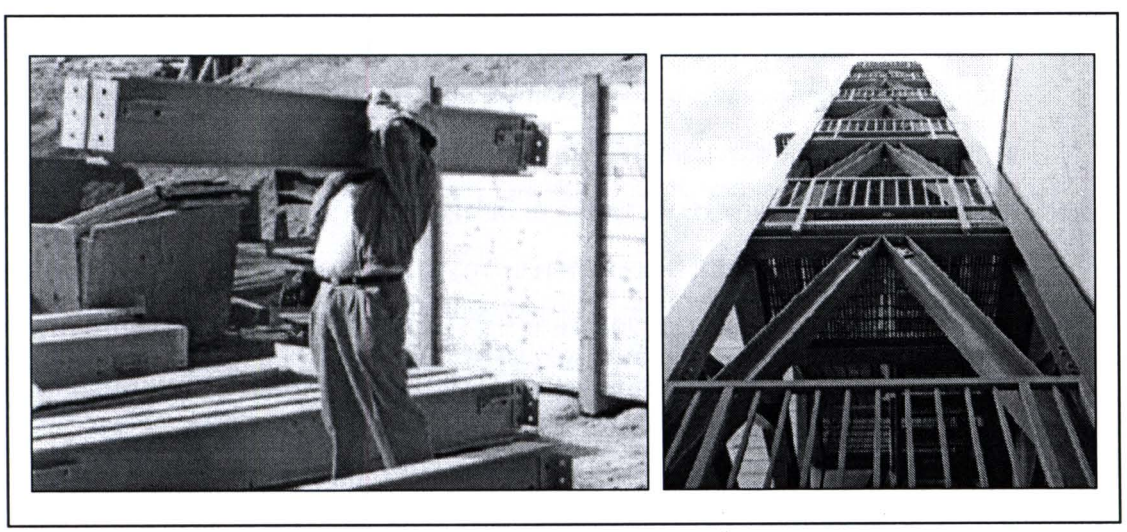


รูปที่ 1.4 การประยุกต์ใช้วัสดุ PFRP สำหรับโครงสร้างในทะเล (Strongwell, 2002)



รูปที่ 1.5 การประยุกต์ใช้วัสดุ PFRP ในบริเวณพื้นที่ ๆ เข้าถึงยาก

(Powertrusion International, 2007)

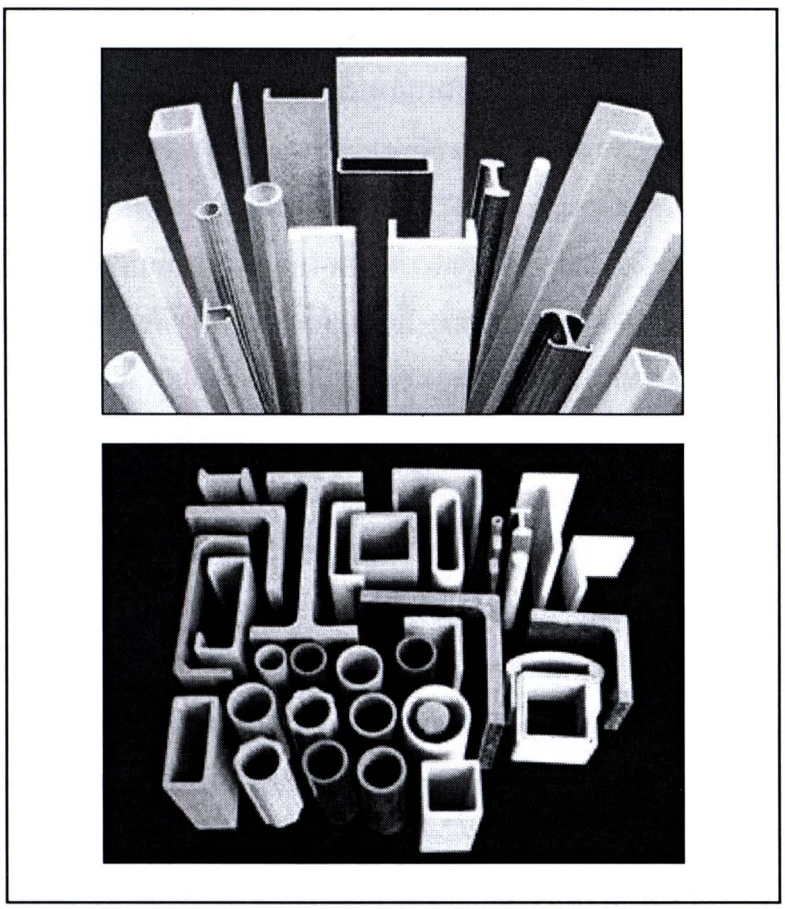


รูปที่ 1.6 การประยุกต์ใช้วัสดุ PFRP ในส่วนของอาคารที่ต้องการโครงสร้างที่มีน้ำหนักเบา

(Strongwell, 2002)

วัสดุพลาสติกเสริมเส้นใยที่ผลิตโดยวิธี Pultrusion หรือ PFRP เป็นวัสดุประกอบที่ประกอบด้วยเส้นใยแก้ว (glass fiber) ที่มีความสามารถรับแรงดึงสูง เส้นใยแก้วจะถูกผสมผสานเข้ากับวัสดุเชื่อมประสานจำพวกเรซิน (resin) อาทิเช่น พลาสติกที่ถูกทำให้แข็งตัวได้ด้วยความร้อน (thermosetting plastic) ได้แก่ โพลีเอสเตอร์ (polyesters) และไวนิลเอสเตอร์ (vinylesters) เป็นต้น โดยวัสดุทั้งสองชนิดยังคงมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเหมือนเดิม แต่คุณสมบัติของวัสดุผสมแตกต่างจากวัสดุพื้นฐานทั้งสองชนิดอย่างชัดเจน (Jones, 1975) อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติและพฤติกรรมทางกลของวัสดุพลาสติกเสริมเส้นใยมีความแตกต่างจากเหล็กรูปพรรณและอลูมิเนียม เนื่องจากวัสดุชนิดนี้เป็นวัสดุออโธโทรปิค (orthotropic material) และไม่เป็นวัสดุเนื้อเดียวกัน (inhomogeneous) จึงต้องพิจารณาคุณสมบัติต่าง ๆ ตามทิศทางการวางตัวของเส้นใย (Creative Pultrusion, 2004) นอกจากนี้วัสดุพลาสติกเสริมเส้นใยยังมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับวัสดุเปราะ (brittle material) ที่มีพฤติกรรมแบบยืดหยุ่นเชิงเส้นจนถึงจุดวิบัติ (linear elastic to failure) โดยมีค่าโมดูลัสต่าง ๆ ค่อนข้างต่ำและมีอัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นต่อโมดูลัสแรงเฉือนสูง ดังนั้นการเสียรูป ของโครงสร้าง จึงเป็นปัจจัยเบื้องต้นที่ควบคุมการออกแบบ (Roberts and Al-Ubaidi, 2002)

นอกจากนี้ วัสดุ PFRP มีคุณสมบัติทางกายภาพที่โดดเด่นหลายประการเชิงวิศวกรรมโยธา ได้แก่ อัตราส่วนกำลังของวัสดุต่อน้ำหนักค่อนข้างสูง น้ำหนักเบา มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนจากสภาวะแวดล้อมและสารเคมีได้ดี ต้องการการบำรุงรักษาน้อยและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน สามารถออกแบบและผลิตให้เหมาะสมตามวัตถุประสงค์การใช้งานในแต่ละงานได้ โดยการเลือกชนิดของเรซิน เส้นใยและกำหนดทิศทางของการวางตัวของเส้นใย (Davalos, Qiao, and Salim, 1997; Keller, 2003; Promis et al., 2010) และหนึ่งในวัสดุ PFRP ที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในงานวิศวกรรมโครงสร้าง ได้แก่ Structural profile (รูปร่างหน้าตัดต่าง ๆ) ที่มีลักษณะคล้ายกับหน้าตัดเหล็กรูปพรรณ อาทิเช่น หน้าตัด wide-flange (WF) หน้าตัดรูปตัวไอ (I) หน้าตัดฉาก (L) หน้าตัดรูปตัวซี (c-section) และ หน้าตัดรูปกล่อง (box) เป็นต้น ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 ตัวอย่างหน้าตัดต่าง ๆ ของวัสดุ PFRP (Creative Pultrusions, 2004)

ชิ้นส่วนโครงสร้าง (structural member) ที่ทำมาจากวัสดุ PFRP เป็นวัสดุก่อสร้างใหม่สำหรับประเทศไทย แต่ได้มีการนำมาใช้ในงานก่อสร้างในต่างประเทศมาแล้วไม่ต่ำกว่า 20 ปี โดยเฉพาะในประเทศแถบยุโรปและสหรัฐอเมริกา (Bakis et al., 2002) อย่างไรก็ตาม สาเหตุที่วิศวกรผู้ออกแบบยังไม่นำวัสดุ PFRP มาใช้งานเชิงอุตสาหกรรมก่อสร้างมากนัก เนื่องจากเหตุผลหลายประการ เช่น

1) ขาดแคลนข้อมูลที่เกี่ยวกับคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของวัสดุ PFRP
2) ขาดแคลนความรู้ความเข้าใจในพฤติกรรมทางกล (mechanical properties) ของชิ้นส่วนโครงสร้างที่ทำจากวัสดุ PFRP
3) ขาดแคลนวิธีการออกแบบ กฎเกณฑ์และสมการที่ใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้างที่ทำจากวัสดุ PFRP ที่ได้มาตรฐานภายใต้การกระทำของน้ำหนักบรรทุกและจุดรองรับในลักษณะต่าง ๆ

ที่ผ่านมา วิศวกรผู้ออกแบบโดยส่วนมากได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้างที่ทำจากวัสดุพลาสติกเสริมเส้นใยโดยใช้มาตรฐานการออกแบบ (design code) และข้อกำหนดการออกแบบ (design specifications) โครงสร้างเหล็กรูปพรรณของ American Institute of Steel Construction (AISC) โดยวิธีหน่วยแรงที่ยอมให้ (allowable stress design: ASD) (AISC 316-89, 1989) และวิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (load and resistance factor design: LRFD) (AISC 350-99, 1999) เนื่องจากลักษณะหน้าตัดและรูปร่างของชิ้นส่วนโครงสร้างที่ทำจากวัสดุพลาสติกเสริมเส้นใยมีความคล้ายคลึงกับชิ้นส่วนโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ (Razzaq, Prabhakaran, and Sirijani, 1996)

ในปัจจุบัน การออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้างที่ทำจากวัสดุพลาสติกเสริมเส้นใยในต่างประเทศได้อ้างอิงมาตรฐานการออกแบบ 2 เล่ม โดยคู่มือการออกแบบดังกล่าวมีพื้นฐานจากมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณโดยวิธี LRFD ได้แก่ คู่มือการออกแบบโครงสร้างพลาสติก (structural plastic design manual) โดยสมาคมวิศวกรโยธาอเมริกัน (American Society of Civil Engineers: ASCE) (ASCE, 1984) และคู่มือการออกแบบสำหรับโครงสร้างวัสดุประกอบโพลีเมอร์ (polymer composite structures) ซึ่งตีพิมพ์ใน Series ของ Eurocomp Design Code and Handbook โดยสมาคมวัสดุประกอบแห่งยุโรป หรือ Eurocomp (Eurocomp, 1996) อย่างไรก็ตาม มาตรฐานการออกแบบดังกล่าวไม่ได้เน้นหรือเจาะจงสำหรับชิ้นส่วนโครงสร้างที่ทำจากวัสดุ PFRP หากแต่กล่าวถึง ข้อกำหนดสำหรับการออกแบบโครงสร้าง ข้อควรปฏิบัติและข้อกำหนดด้านการใช้งานสำหรับโครงสร้างพลาสติกและวัสดุประกอบโพลีเมอร์โดยรวมเท่านั้น (Bank, 2006) นอกจากมาตรฐานการออกแบบที่กล่าวมา ยังมีคู่มือการออกแบบ (design manual) สำหรับชิ้นส่วนโครงสร้างที่ทำจากวัสดุ PFRP ที่ทางบริษัทผู้ผลิต (manufacturer) ในต่างประเทศได้พัฒนาขึ้น อาทิเช่น บริษัท Creative Pultrusion (2004); Strongwell Corporation (2002); Fiberline Composites (2003); Bedford (2005) เป็นต้น โดยสมการและตารางออกแบบ (load design table) ต่าง ๆ ภายในคู่มือออกแบบแต่ละเล่ม ได้จากการค้นคว้าและพัฒนาของแต่ละบริษัท หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า สมการและตารางออกแบบดังกล่าวเหมาะสำหรับวัสดุ PFRP ที่ผลิตขึ้นโดยบริษัทผู้ผลิตนั้น ๆ และเน้นที่หน้าตัด wide-flange (WF) หน้าตัดรูปตัวไอ (I) เป็นหลัก

จากเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาชิ้นส่วนโครงสร้างที่ทำจากวัสดุ PFRP หน้าตัดรูปตัวซีภายใต้การดัด (flexure) ดังตัวอย่างของงานวิจัยที่ถูกเสนอโดย Razzaq, Prabhakaran, and Sirijani (1996); Kabir and Sherbourne (1998); Tosh and Kelly (2001); Shan and Qiao (2005) จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่ายังไม่พบการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมทางโครงสร้าง (structural behavior) สำหรับชิ้นส่วนโครงสร้างที่ทำจากวัสดุ PFRP หน้าตัดรูปตัวซีภายใต้การดัดที่มีสภาวะเงื่อนไข

ของจุดรองรับ (support condition) ที่แตกต่างกัน ได้แก่ จุดรองรับแบบง่าย (simply supported) และจุดรองรับแบบยึดแน่น (fixed-end supported) เป็นต้น นอกจากนี้ ยังไม่พบสมการที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้างที่ทำจากวัสดุ PFRP หน้าตัดรูปตัวซีภายใต้แรงดัด จากคุณสมบัติและข้อดีที่ได้เปรียบของวัสดุ PFRP ที่มีต่อวัสดุก่อสร้างชนิดอื่นดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น อีกทั้งการขาดคู่มือในการออกแบบโครงสร้างที่ได้มาตรฐาน จึงมีความคิดที่จะศึกษาพฤติกรรมทางกลของชิ้นส่วนโครงสร้างวัสดุพลาสติกเสริมเส้นใยที่ผลิตโดยวิธี Pultrusion โดยเน้นพฤติกรรมหลัก ได้แก่ การรับแรงดัดภายใต้สภาวะเงื่อนไขของจุดรองรับที่แตกต่างกัน และมุ่งเน้นที่หน้าตัดรูปตัวซีที่ยังไม่มีผู้ศึกษา มากนัก เพื่อให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ (strategy) ด้านการปรับโครงสร้างทางอุตสาหกรรม และส่งเสริมการใช้วัสดุชนิดนี้ให้แพร่หลายในอุตสาหกรรมก่อสร้างประเทศไทยมากขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดด้านการวิจัยและพัฒนา (research and development) และเป็นการส่งเสริมขบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์อย่างมีระบบและถูกต้องตามหลักวิชาการ อีกทั้งยังลดปริมาณการใช้ไม้เป็นวัสดุก่อสร้างเนื่องจากปัญหาการลดลงของป่าไม้และปัญหาจากภัยธรรมชาติต่าง ๆ ที่เป็นผลมาจากการตัดไม้ทำลายป่า และยังลดการนำเข้าวัสดุก่อสร้างจากต่างประเทศ เช่น เหล็กและอลูมิเนียม เป็นต้น เนื่องจากวัสดุพลาสติกเสริมเส้นใยดังกล่าวสามารถผลิตได้เองในประเทศไทยโดยใช้วัตถุดิบภายในประเทศบางส่วน สุดท้ายเป็นการลดปัญหาขยะจากอุตสาหกรรมก่อสร้างเนื่องจากวัสดุชนิดนี้ทนทานต่อสภาวะแวดล้อมได้เป็นอย่างดี

ภายใต้กรอบแนวความคิด (conceptual framework) และสมมติฐานในงานวิจัยนี้ เนื่องจากยังไม่มีผลการทดสอบและการตีพิมพ์เผยแพร่ผลการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับคานประกอบพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรูดหน้าตัดรูปตัวซีภายใต้การดัดที่ได้มาตรฐาน ในการวิจัยนี้ได้ตั้งสมมติฐานเบื้องต้น โดยให้ลักษณะของการวิบัติของชิ้นส่วนโครงสร้างที่ทำจากวัสดุ PFRP หน้าตัดรูปตัวซีมีลักษณะการวิบัติที่คล้ายคลึงกับชิ้นส่วนโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ นอกจากนี้ Barbero and Raftoyiannis (1994); Davalos, Qiao, and Salim (1997) ได้ศึกษาลักษณะการวิบัติของชิ้นส่วนโครงสร้างที่ทำจากวัสดุ PFRP หน้าตัด wide-flange (WF) ภายใต้แรงดัด พบว่าการวิบัติแบบโก่งเดาะด้านข้างเนื่องจากการบิด (lateral-torsional buckling) หรือเรียกอีกชื่อว่าการโก่งเดาะเนื่องจากการดัดร่วมกับการบิด (flexural-torsional buckling) เป็นลักษณะการวิบัติซึ่งมักเกิดขึ้นก่อนการวิบัติเนื่องจากกำลังของวัสดุ (material failure) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากวัสดุ PFRP มีคุณสมบัติและพฤติกรรมเป็นแบบ Orthotropic material ซึ่งแตกต่างจากเหล็กรูปพรรณซึ่งมีพฤติกรรมแบบ Isotropic material ตลอดจนวัสดุ PFRP มีอัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นต่อโมดูลัสแรงเฉือนอยู่ในช่วงประมาณ 8-27 เมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กรูปพรรณซึ่งมีอัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นต่อโมดูลัสแรงเฉือนประมาณ 2.6 (Omidvar, 1998) ส่งผลให้การออกแบบต้องคำนึงถึง

ผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากแรงเฉือน (shear deformation) (Bank, 1987; Mallick, 1988; Kim, N.I., Shin, D.K., and Kim, M.Y., 2007) ดังนั้นจากความแตกต่างดังกล่าวข้างต้น จึงควรมีการศึกษาและทดสอบเพื่อการยืนยันสมมติฐานของงานวิจัยครั้งนี้

โดยสรุปแล้ว จากกรอบแนวความคิดวิธีการศึกษาและพัฒนาสมการดังกล่าว สุดท้ายคาดว่าจะได้สมการเพื่อใช้สำหรับการออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้างที่ทำจากวัสดุ PFRP หน้าตัดรูปตัวซีภายใต้แรงดัด ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการออกแบบและก่อสร้างจริงได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของวัสดุพลาสติกเสริมเส้นใยแบบ pultrusion และลักษณะการวิบัติของวัสดุ

1.2.2) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงดัดของชิ้นส่วนโครงสร้างหน้าตัดรูปตัวซีที่ทำด้วยพลาสติกเสริมเส้นใยและผลิตโดยขบวนการ pultrusion ที่มีจุดรองรับแบบง่ายและแบบยึดแน่น

1.2.3) เพื่อพัฒนาสมการที่ใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้างดังกล่าวภายใต้แรงดัดที่มีจุดรองรับแบบง่ายและแบบยึดแน่น

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

1.3.1) ในงานวิจัยนี้ วัสดุ PFRP ถูกพิจารณาเป็นวัสดุเนื้อเดียวสม่ำเสมอ (homogenous) และเป็นวัสดุออโธโทรปิค (orthotropic material) ซึ่งมีคุณสมบัติพื้นฐานตามทิศทางที่พิจารณา

1.3.2) พฤติกรรมของวัสดุ PFRP พิจารณาบนพื้นฐานแบบกลศาสตร์มหภาค (macro-mechanics)

1.3.3) พฤติกรรมของวัสดุ PFRP ในช่วงการโก่งเดาะ (buckling) อยู่ในช่วงเชิงเส้นโดยความเครียดภายในเนื้อวัสดุมีค่าน้อยมาก (infinitesimal strain)

1.3.4) กฎของฮุค (Hooke's law) สามารถใช้ได้ โดยพิจารณาทิศทางของแนวแรงที่กระทำต่อวัสดุ เนื่องจากวัสดุ PFRP เป็นวัสดุออโธโทรปิค

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1) วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย เป็นวัสดุพลาสติกเสริมเส้นใยแก้ว (glass fiber-reinforced plastic: GFRP) ซึ่งผลิตโดยวิธี Pultrusion หรือเรียกอีกชื่อว่า Pultruded fiber-reinforced plastic (PFRP) ที่มีหน้าตัดรูปตัวซี

1.4.2) วัสดุ PFRP ที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย ใยแก้ว (fiber) ชนิด E-glass และเรซิน (resin) ชนิดโพลีเอสเตอร์ (polyesters)

1.4.3) ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย ขนาดของหน้าตัด (dimensions) ความยาวของคาน (span) และชนิดของจุดรองรับ (support condition) โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่น ๆ เช่น เปอร์เซ็นของเส้นใยแก้ว ชนิดเรซิน สารผสมเพิ่ม (additives) และกรรมวิธีการผลิตของตัวอย่างทดสอบมีค่าใกล้เคียงกันเท่าที่สามารถทำได้

1.4.4) วัสดุ PFRP หน้าตัดรูปตัวซีมี 3 ขนาดหน้าตัด ได้แก่ $76\times22\times6$ $102\times29\times6$ และ $152\times43\times10$ mm

1.4.5) ชนิดของจุดรองรับมี 2 แบบ ได้แก่ จุดรองรับแบบง่าย และจุดรองรับแบบยึดแน่น

1.4.6) การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) และคุณสมบัติทางกล (mechanical properties)ถูกทดสอบตามมาตรฐาน ASTM

1.4.7) การทดสอบแบบ 3 จุด (three-points loading test)

1.4.8) การให้แรงกระทำจะกระทำผ่านจุดศูนย์กลางแรงเฉือน (shear center) ของหน้าตัดตัวซี

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1) เข้าใจพฤติกรรมการรับแรงดัดของชิ้นส่วนโครงสร้างหน้าตัดรูปตัวซีที่ทำด้วยพลาสติกเสริมเส้นใย ภายใต้สภาวะของจุดรองรับชนิดต่าง ๆ

1.5.2) ได้รับสมการออกแบบมาตรฐาน (standard design equations) ชิ้นส่วนดังกล่าวภายใต้แรงดัดที่ถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัย

1.5.3) ส่งเสริมการใช้งานวัสดุ PFRP สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้าง ส่งผลให้เกิดการผลิตเชิงพาณิชย์เพื่อตอบสนองความต้องการต่อการใช้งานที่มากขึ้น เนื่องจากมีกระบวนการออกแบบที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ

1.5.4) สามารถนำผลงานวิจัยนี้ เป็นองค์ความรู้พื้นฐานสำหรับการพัฒนาและวิจัยเกี่ยวกับวัสดุ PFRP ภายใต้หน้าตัดและแรงกระทำในลักษณะต่าง ๆ ต่อไป