

การออกแบบและประยุกต์ผนังวัสดุแผ่นประกบโฟมเพื่อใช้ก่อสร้างอาคารพักอาศัย

The Applications of Structural Insulated Panels for Housing Construction in Thailand

รองศาสตราจารย์รัฐพัฒน์ ภูวนนท์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

Charunpat Puvanant

Associate Professor, Faculty of Architecture, Silpakorn University

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์ผนังวัสดุแผ่นประกบโฟมในท้องตลาด ควรได้รับการออกแบบ หรือปรับปรุงรูปแบบให้เหมาะสมกับประเภทอาคาร และสภาพอากาศในประเทศไทย จำเป็นที่สถาปนิกผู้ออกแบบอาคารและผลิตภัณฑ์ (Product architect) จะต้องศึกษา เลือก และประยุกต์ใช้แผ่นผนังสำเร็จรูป รอยต่อ และระบบการก่อสร้างอย่างรอบคอบ เพื่อให้ได้อาคารที่มีสมรรถนะการใช้งานที่สูงขึ้น และประหยัดค่าก่อสร้าง บทความนี้นำเสนอรูปแบบระบบรอยต่อ และแนวทางการประยุกต์ใช้ผนังวัสดุแผ่นประกบโฟมสำหรับอาคารพักอาศัยในประเทศไทย ซึ่งสรุปได้จากโครงการวิจัยที่เคยออกแบบไว้ และให้ความคิดเห็นเพิ่มเติมเพื่อการพัฒนาต่อไป

เนื่องจากชิ้นส่วนอาคารสำเร็จรูป การผลิตในระบบอุตสาหกรรม และระบบการก่อสร้างที่มีน้ำหนักเบาได้มีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ สถาปนิก และนักวิชาการควรให้ความสนใจและเข้ามามีส่วนร่วมในการวิจัย ออกแบบ และพัฒนา (RD&D) กันมากขึ้น เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนประกอบอาคารที่นำไปใช้งานได้จริงและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น มิฉะนั้นแล้ว สมรรถนะของอาคารที่ดี และความสวยงามของงานสถาปัตยกรรมร่วมสมัยในประเทศไทย ก็ยากที่จะค้นพบหรือพัฒนาได้ต่อไปเช่นกัน

คำสำคัญ : ผนังวัสดุ, แผ่นประกบโฟม, ผนังเบา, ผนังสำเร็จรูป

Abstract

Structural insulated panel products in Thailand should be designed or adapted to suit building types of construction and the climate. The panel types, jointing and construction systems need to be carefully studied, selected and applied by design and product architects to get higher-performance buildings with more economical construction. This paper presents a few designs of the structural insulated panels from previous studies, joint details and their possible applications for housing construction in Thailand with some remarks for further development. Since prefabricated building components, industrialized production, and lightweight construction systems are significantly taking more roles in Thai construction industry, more attention and involvement of designers, product architects and academics in RD&D (research, design and development) are needed to get more practical building components and efficient systems. Otherwise higher-building performance and aesthetic in Thai contemporary architecture are hardly to be reached or developed.

Keywords: Sandwich Panel, Housing System, Light Panel Construction, Energy Efficient Building

1 บทนำ

ผนังวัสดุแผ่นประกบโฟม (Structural Insulated Panel หรือ SIP) หรือที่รู้จักกันในนามของ "Sandwich Panel" นั้น สามารถออกแบบ หรือผลิตขึ้นจากวัสดุแผ่นหลากหลายชนิดเพื่อให้มีคุณสมบัติใช้งานได้ตามต้องการ หรือให้เหมาะสมกับประเภทอาคาร ต้นทุนการผลิต และราคาค่าก่อสร้างอาคาร ผนังวัสดุแผ่นประกบโฟมที่ผลิตขายอยู่ในท้องตลาดปัจจุบันนั้น ส่วนใหญ่ใช้แผ่นเหล็กเคลือบสีเป็นแผ่นวัสดุหุ้มอยู่ภายนอก และใช้โฟม EPS หรือ PU เป็นแกนกลาง เพื่อใช้สำหรับการก่อสร้างห้องเย็น ตู้คอนเทนเนอร์ หรืออาคารอุตสาหกรรมเป็นหลัก แต่ถ้าจะนำมาใช้ก่อสร้างเป็นผนังสำหรับอาคารพักอาศัยที่ต้องการให้ประหยัดพลังงาน ยังมีข้อจำกัดและคุณสมบัติบางประการที่ควรปรับปรุงให้เหมาะสมกับประเภทอาคาร และควรมีต้นทุนการผลิตลดลงด้วย เพื่อควบคุมราคาค่าก่อสร้างอาคารไม่ให้สูงเกินไป

ในประเทศไทยมีการผลิตกระเบื้องแอสเบสตอสซีเมนต์แผ่นเรียบ (Asbestos cement board) เพื่อใช้เป็นแผ่นกรุผนังมานานแล้ว เป็นวัสดุแผ่นที่มีราคาถูก แต่แตกง่าย ใต้ง่าย และมีสารแอสเบสตอสซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ ปัจจุบันจึงไม่ได้รับความนิยม หรือถูกกล่าวถึงกันมากนัก อย่างไรก็ตามเนื่องจากประเทศไทยมีฝนตกชุกและมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น จึงต้องการวัสดุผนังที่ทนทานต่อหน้า ความชื้น และปลวกหรือแมลงได้ดี ประกอบกับซีเมนต์มีราคาถูกและใช้ก่อสร้างกันแพร่หลาย วัสดุแผ่นในกลุ่มซีเมนต์เสริมแรงหลายชนิดจึงถูกผลิตขึ้นมาใช้แทนที่กระเบื้องแผ่นเรียบ และสามารถแข่งขันกับไม้อัดหรือแผ่นไม้ประสานได้ดี สืบเนื่องมาจาก ผลิตภัณฑ์วัสดุแผ่นที่ได้จากไม้มีราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ และมีความทนทานต่อความชื้น ไฟ และปลวกหรือแมลงต่ำกว่าผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์เสริมแรงที่ผลิตขายในท้องตลาดปัจจุบันมีหลายชนิด เช่น แผ่นซีเมนต์ผสมซีเมนต์ (Cellocrete) แผ่นซีเมนต์เสริมใยแก้ว (GRC) แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ (Wood cement board) และกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ (Fiber cement board) ฯลฯ ซึ่งหลายชนิดสามารถใช้เป็นแผ่นผนังภายนอกได้ดี และมีความหนาที่ผลิตขายหลายขนาด จึงเลือกนำมาใช้ออกแบบทดแทนกันได้ตามมาตรฐานงานและราคาค่าก่อสร้างที่เหมาะสมกับโครงการ อีกทั้งสามารถทาสีเป็นผิวสำเร็จได้ในตัวและใช้วัสดุผิวสำเร็จชนิดอื่นบุหรือปิดหุ้มไว้ภายนอกเพื่อความสวยงามและทนทานได้ง่าย และเป็นวัสดุแผ่นที่มีราคาถูกกว่าแผ่นไม้อัด แผ่น OSB และแผ่นเหล็กเคลือบ ฯลฯ) จึงอาจนำมาใช้ผลิตเป็นผนังวัสดุแผ่นประกบโฟม (SIP) สำหรับก่อสร้างบ้านพักอาศัยหรืออาคารบางประเภทได้เช่นกัน

จากผลการศึกษาที่ผ่านมา¹ พบว่าผนังแผ่นซีเมนต์เสริมแรงประกบโฟม (SIP) ส่วนใหญ่สามารถรับแรงหรือน้ำหนักบรรทุกทางโครงสร้างได้สูงกว่าและมีราคาถูกกว่าผนังโลหะแผ่นเคลือบประกบโฟมที่ผลิตขึ้นใช้ในอุตสาหกรรมห้องเย็นโดยทั่วไป (ถ้าความหนาผนังรวมเท่ากัน ไซโลหะแผ่นเคลือบหนาประมาณ 0.5 มม. ใช้แผ่นซีเมนต์เสริมแรงหนาประมาณ 10 มม. และใช้ชนิดและความหนาแน่นของโฟมเหมือนกัน) จึงเหมาะที่จะนำมาประกอบเป็นผนังวัสดุแผ่นประกบโฟม (SIP) และใช้เป็นผนังรับน้ำหนักสำหรับอาคารพักอาศัยได้ดี และสามารถออกแบบให้มีกำลังวัสดุ หรือมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ หรือเหมาะสมกับระบบโครงสร้างและการก่อสร้างอาคาร เช่น อาจใช้เป็นผนังชนิดไม่รับน้ำหนักหุ้มอยู่ภายนอกโครงสร้าง (เสาและคาน) หรือใช้เป็นผนังที่มีฉนวนโฟมบรรจุอยู่ในช่องว่างระหว่างโครงคร่าวเหล็ก (Cold-formed steel framing) ก็ได้ ฯลฯ ในกลุ่มวัสดุแผ่นซีเมนต์เสริมแรงนั้น ปัจจุบันกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ (Fiber cement board) มีอุตสาหกรรมรองรับที่ดี มีโรงงานผลิตแข่งขันกันหลายราย จึงเป็นวัสดุแผ่นที่ราคาไม่แพง และมีคุณสมบัติใช้เป็นผนังภายนอกได้ดี มีความหนาหลายขนาด และมีวัสดุในกลุ่มเดียวกันที่สามารถใช้

¹ การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural Sandwich Panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย, 2550

แทนกันได้ ตามชั้นคุณภาพและราคาที่ผู้ออกแบบหรือลูกค้าต้องการ อีกทั้งผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้วัสดุในท้องตลาดที่ผลิตในประเทศ หรือนำเข้าจากต่างประเทศได้โดยสะดวก จึงเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ประกอบเป็นผนังสำเร็จรูป (SIP) เพื่อใช้สำหรับอาคารพักอาศัยในประเทศไทย แทนผนังเหล็กแผ่นเคลือบสีประกบโพลีเมอร์ที่ผลิตและจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดปัจจุบัน

ผนังกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบประกบโพลีเมอร์ที่มีความหนาแน่นเพียง 10 เซนติเมตร ใช้วัสดุแผ่นภายนอกที่หนา 10 มิลลิเมตร และใช้โพลีเมอร์ EPS หรือ PU ความหนาแน่น 2 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต มีกำลังสูงมากเกินพอที่จะใช้เป็นผนังรับน้ำหนักสำหรับการออกแบบอาคารพักอาศัยที่มีความสูงปกติ (1-3 ชั้น) คือ สามารถรับแรงต่างๆ ทางโครงสร้างได้โดยปลอดภัย และจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการและการคำนวณของวิศวกรโครงสร้างเพิ่มเติมพบว่าถ้าลดความหนาของวัสดุแผ่นภายนอกให้เหลือความหนาเพียง 6 มิลลิเมตร หรือลดเนื้อโพลีเมอร์ประมาณร้อยละ 30 แผ่นผนังกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบประกบโพลีเมอร์ดังกล่าวยังคงมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะนำมาใช้ก่อสร้างอาคารพักอาศัยที่มีความสูง 1-2 ชั้นได้ ถึงแม้จะมีกำลังวัสดุลดลงไปบ้าง² จึงมีความเป็นไปได้ที่จะออกแบบผนังกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบประกบโพลีเมอร์ให้มีรูปแบบเป็นช่องกลวงเพื่อลดวัสดุโพลีเมอร์ที่มีราคาแพงลง ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิต และราคาค่าก่อสร้างของอาคารได้โดยตรง อีกทั้งจะไม่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานในอาคารมากนักเนื่องจากการใช้ช่องอากาศแทนโพลีเมอร์ช่วยให้ค่าความต้านทานความร้อน (R-value) ของผนังลดลงไม่มากนักก็เนื่องมาจากผลงานวิจัยต่างๆ ที่ผ่านมามีผลบ่งชี้ว่าสำหรับอาคารพักอาศัยในประเทศไทยโดยทั่วไป ถึงแม้จะใช้ผนังที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูงๆ หรือมีฉนวนหนาๆ ก็อาจไม่ช่วยให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น และในบางกรณีอาจเปลืองพลังงานมากขึ้นด้วย³ การออกแบบผนัง SIP ให้มีช่องกลวงแทนการใช้แผ่นโพลีเมอร์ทึบตัน จึงไม่ค่อยมีผลต่อการประหยัดพลังงานของอาคารพักอาศัยทั่วไปมากนัก ซึ่งสามารถออกแบบชดเชยได้โดยวิธีการอื่นๆ ตัวอย่างเช่น การเพิ่มความหนาของผนังรวม ซึ่งจะช่วยให้ความแข็งแรงของผนัง และเสถียรภาพของอาคารสูงขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญด้วย ฯลฯ

การออกแบบผนัง SIP ชนิดมีช่องกลวงในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้มีคุณสมบัติวัสดุหรือประสิทธิภาพการใช้งานสูงตามที่ต้องการ และมีราคาต้นทุนการผลิตลดลง จึงมีความสำคัญเบื้องต้นที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ SIP ได้รับการยอมรับ หรือสามารถแข่งขันกับวัสดุและระบบผนังประหยัดพลังงานชนิดอื่นที่มีอยู่ในท้องตลาดได้ดีขึ้น และจำเป็นต้องออกแบบวิธีการเชื่อมต่อแผ่น และระบบการก่อสร้างอาคารควบคู่กันไปด้วย เพื่อให้สามารถนำไปใช้ก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดค่าก่อสร้างได้โดยรวม

² ผลจากโครงการวิจัยเดียวกัน

³ ผลจากโครงการวิจัยเดียวกัน และจากโครงการอื่นๆ ที่เคยศึกษาไว้แล้ว

2 ผนังที่ออกแบบขึ้น การเชื่อมต่อแผ่น และระบบการก่อสร้าง

2.1 ชื่อผลิตภัณฑ์

ผนังวัสดุแผ่นประกบโฟม หรือ SIP (ชนิดแผ่นทึบ และชนิดมีช่องกลวง)

2.2 วัตถุประสงค์หลักของผลิตภัณฑ์

เป็นแผ่นผนังสำเร็จรูป หรือชิ้นส่วนประกอบอาคาร (Building components) ที่มีน้ำหนักเบา แข็งแรง และมีคุณสมบัติต้านทานความร้อน และกันเสียงได้ดี ใช้สำหรับก่อสร้างอาคารในระบบอุตสาหกรรม โดยเฉพาะบ้านพักอาศัย หรืออาคารประเภทอื่นที่ต้องการความสะดวกรวดเร็วในการก่อสร้าง และในการเคลื่อนย้าย เป็นวัสดุหรือระบบผนังที่ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารปรับอากาศได้ดี ถ้าได้รับการออกแบบให้เหมาะสม

2.3 ประโยชน์การใช้งาน

- ใช้เป็นผนังรับน้ำหนักทางโครงสร้างสำหรับอาคารพักอาศัย หรืออาคารขนาดเล็ก (ความสูงประมาณ 1-3 ชั้น ขึ้นอยู่กับชนิดวัสดุ รูปแบบ และความหนา รวมของผนัง SIP)
- ใช้เป็นผนังภายในหรือผนังภายนอก (Claddings) ชนิดไม่รับน้ำหนัก (Non-loaded bearing wall) สำหรับอาคารทั่วไป
- ใช้เป็นแผ่นพื้น หรือแผ่นหลังคาของอาคารพักอาศัยหรืออาคารขนาดเล็กที่มีน้ำหนักบรรทุกน้อย
- เป็นวัสดุ และระบบการก่อสร้างที่ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารปรับอากาศได้
- รูปแบบผนังสามารถนำไปปรับใช้ในการออกแบบผนังสำหรับอาคารประเภทอื่น หรือที่ใช้วัสดุชนิดอื่นมาประกอบกันได้

2.4 ลักษณะและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์

เป็นแผ่นผนังสำเร็จรูปที่มีขนาดมาตรฐาน และมีลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับแผ่นผนังหรือแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป แต่เป็นผนังองค์ประกอบที่มีน้ำหนักเบา (Light-weight panel) โดยออกแบบให้ใช้ก่อสร้างได้ทั้งระบบแห้ง (Dry construction) และระบบเปียก (Wet construction) ขึ้นอยู่กับรูปแบบผลิตภัณฑ์และระบบรอยต่อ

แผ่น SIP ประกอบขึ้นจากแผ่นวัสดุแข็งอยู่ภายนอกทั้ง 2 ด้าน เช่น กระจกเบี่ยง ซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ ฯลฯ และมีฉนวนหรือโฟมเป็นแกนกลาง (Core) วัสดุแผ่นทั้ง 3 ชั้น ถูกยึดติดกันแน่นด้วยกาว (Structural glue) หรือสารยึดเหนี่ยวอื่น (เช่น ในกรณีที่ใช้โฟม PU เป็นฉนวนแทรกอยู่ตรงกลาง ฯลฯ)

2.5 รูปแบบ ขนาด และรายละเอียดของแผ่น SIP

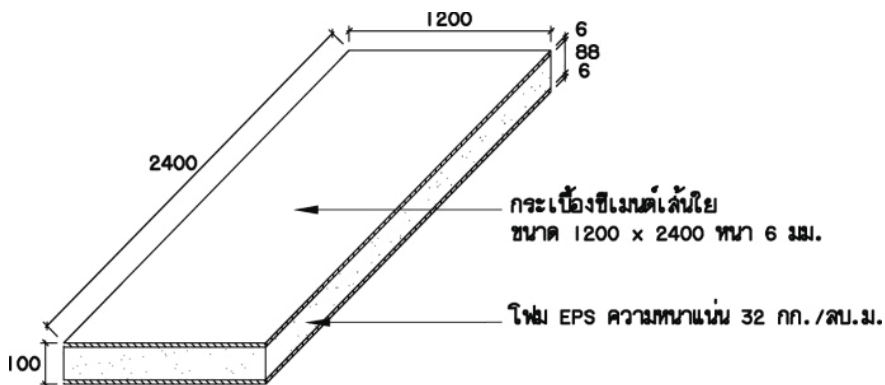
เพื่อความสะดวกในการผลิตและการนำมาใช้ในการออกแบบหรือก่อสร้างอาคาร ซึ่งต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับการรับแรงทางโครงสร้าง ค่าความต้านทานความร้อน (R-value) หรือคุณสมบัติที่ต้องการ ต้นทุนการผลิต และราคาค่าก่อสร้าง

รูปแบบ SIP ถูกออกแบบให้มีรูปแบบพื้นฐาน 3 แบบ ได้แก่

- SIP-S เป็นแผ่นทึบตัน (Solid)
- SIP-C เป็นแผ่นกลวง (Cavity)
- SIP-H ใช้นวนหรือแผ่นโฟมที่มีรูกลวง (Hollow core)

แผ่นวัสดุแข็งที่ประกบอยู่ภายนอกทั้ง 2 ด้าน ใช้แผ่นซีเมนต์เสริมแรง หรือ กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบที่มีความหนา 6-12 มิลลิเมตร หรือวัสดุแผ่นชนิดอื่นได้ตามความเหมาะสมในการใช้งาน

โฟมที่อยู่ตรงกลางเป็น Rigid Foam (เช่น EPS PU หรือ XPS ฯลฯ) ความหนาแน่นประมาณ 24-45 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (ขึ้นอยู่กับชนิดของโฟม) ในกรณีที่เกิดผลิตโดยยึดติดด้วยกาว ให้ใช้กาวโครงสร้าง (Structural glue) ที่ทนทานต่อความชื้นและความร้อนได้ดี เช่น โพลียูรีเทน และ อีพ็อกซี ฯลฯ



รูปที่ 1 ผนังกระเบื้องซีเมนต์เส้นใย แผ่นเรียบประกบโฟมชนิดแผ่นตัน (SIP-S) ที่ออกแบบขึ้นสำหรับบ้านพักอาศัย⁴

⁴ ผลจากโครงการ การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural Sandwich Panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย, 2550

การเชื่อมต่อแผ่น ในการก่อสร้างจะมีการเชื่อมต่อแผ่นให้ต่อเนื่องเป็นผืนเดียวกัน และต้องเชื่อมแผ่นผนังติดกับโครงสร้างหรือชิ้นส่วนประกอบอาคารอื่นๆ ด้วย จึงได้ออกแบบขอบแผ่นสำหรับการเชื่อมต่อเตรียมไว้ เพื่อการผลิตในโรงงาน 3 รูปแบบ ได้แก่

แผ่นผนังชนิดมีขอบแผ่นตัน ใช้สำหรับงานก่อสร้างโดยทั่วไป ที่ไม่มีการเชื่อมต่อแผ่น หรือนำแผ่นไปตัดแปลงทำการเชื่อมต่อเอง ตามความต้องการเฉพาะตัวของผู้ออกแบบหรือผู้ก่อสร้างอาคาร

แผ่นผนังชนิดมีขอบแผ่นตัน และเซาะร่องโฟมที่ขอบแผ่น เตรียมไว้เพื่อเสียบแผ่นวัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการเชื่อมต่อแผ่น

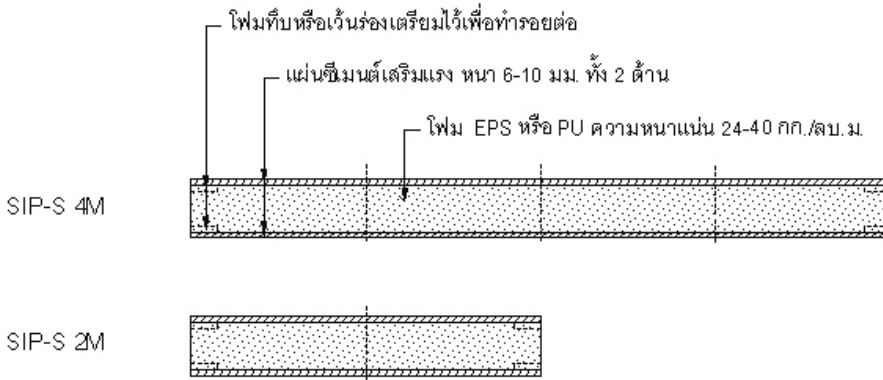
แผ่นผนังชนิดขอบเว้าหรือมีช่องกลวงที่ขอบแผ่น เตรียมไว้เพื่อฝังหรือเสียบโครงสร้างไม้หรือโลหะที่ใช้ยึดต่อแผ่น หรือเทคอนกรีตบรรจุระหว่างช่องรอยต่อ

รูปแบบของผนังทั้ง 3 แบบเมื่อผสมผสานกับรูปแบบของการเชื่อมต่อที่ขอบแผ่นทั้ง 3 แบบ ก็จะได้ผลิตภัณฑ์และระบบรอยต่อที่แตกต่างกันรวม 9 แบบหลัก และสามารถออกแบบเพิ่มเติมในรายละเอียด และนำไปประยุกต์ใช้เป็นระบบการก่อสร้างได้หลากหลายแบบ

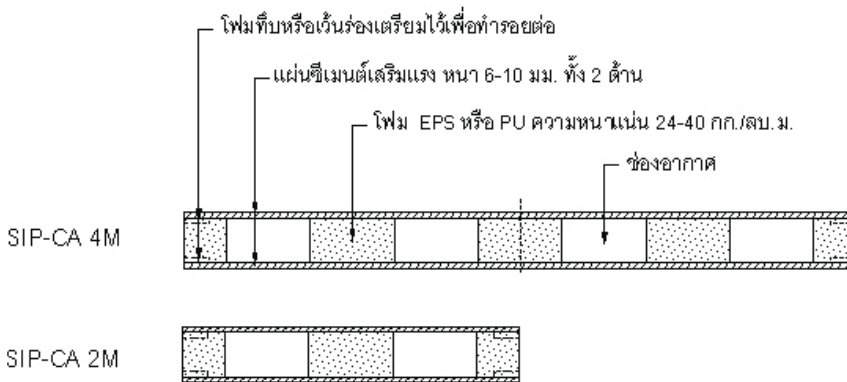
ขนาดแผ่นผนังมาตรฐาน กำหนดขึ้นจากขนาดของวัสดุแผ่นแข็งหรือกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบในท้องตลาดที่นำมาใช้ประกอบ เพื่อความประหยัด ซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดความกว้าง 1.20 เมตร หรือ 4 ฟุต และความยาว 2.40 เมตร หรือ 8 ฟุต แต่ปัจจุบันมีวัสดุแผ่นบางชนิดที่ผลิตให้มีความยาว 2.80 และ 3.00 เมตร หรือสั่งตัดได้ตามความต้องการ ความกว้างและความยาวของแผ่นอาจถูกตัดแบ่งออกเป็นขนาด 1/2 1/3 และ 1/4 ของแผ่นมาตรฐานได้เพื่อความสะดวกและความประหยัดในการออกแบบและก่อสร้าง

ความหนาที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นผนังรับน้ำหนักสำหรับบ้านพักอาศัย โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 10 - 15 เซนติเมตร แต่ถ้าใช้เป็นผนังที่ไม่รับน้ำหนักควรมีความหนาอยู่ในช่วง 0.5 - 10 เซนติเมตร รูปแบบผนังชนิดที่มีช่องกลวงหรือต้องรับน้ำหนักมากเป็นพิเศษ อาจต้องเพิ่มความหนาของผนัง หรือของวัสดุแผ่นเพื่อชดเชยกำลังวัสดุที่ลดลงได้ตามความจำเป็น

รูปที่ 2-6 เป็นตัวอย่างรูปแบบผนัง SIP ที่เคยออกแบบไว้ บางแบบถูกนำไปศึกษารายละเอียดหรือทดสอบผลเพิ่มเติมในโครงการวิจัยที่ผ่านมา และบางแบบถูกใช้เป็นตัวแบบให้นักศึกษานำไปใช้เป็นแบบฝึกหัด เพื่อประกอบการเรียนการสอน (รายวิชาการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมและการศึกษารายบุคคล) หรือใช้ศึกษาในโครงการวิจัยประเภทนักศึกษา เป็นต้น ซึ่งสามารถปรับปรุงและพัฒนาในรูปแบบในรายละเอียดให้เหมาะสมกับข้อจำกัดของกระบวนการผลิต หรือโครงการก่อสร้างที่จะนำไปใช้จริง

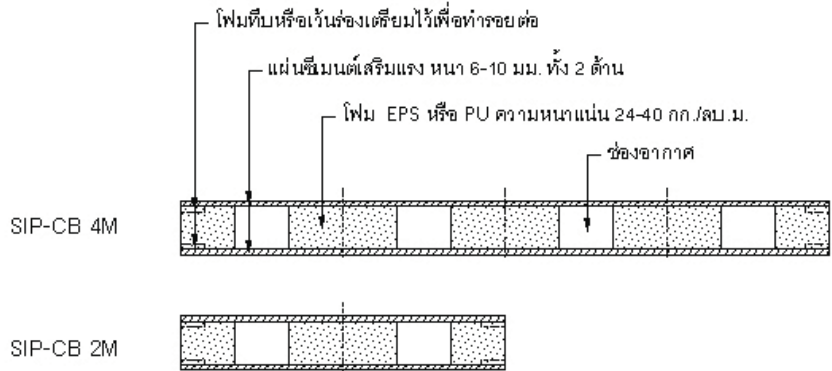


รูปที่ 2 รูปตัดตามขวางของแผ่นผนัง SIP ชนิดแผ่นที่บดตัน (SIP-S) โดยอาจเตรียมช่องว่างไว้ที่ขอบแผ่นสำหรับฝังอุปกรณ์เชื่อมต่อกับผนังแผ่นอื่นหรือวงกบประตู/หน้าต่าง และกับโครงสร้างพื้นหรือหลังคา (ออกแบบให้มีความกว้าง 2 ขนาด คือ 1.20 ม. และ 0.60 .)

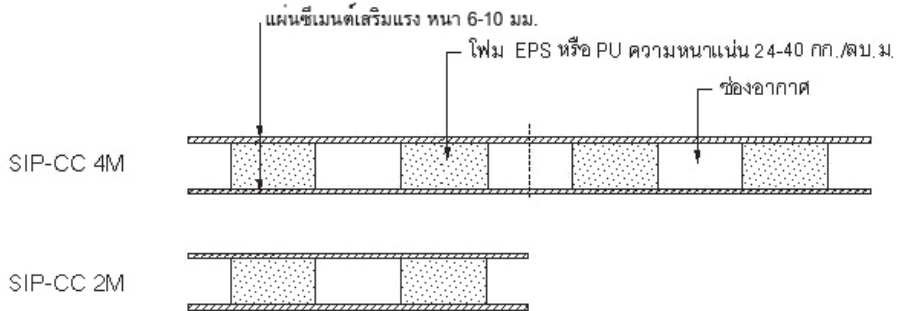


รูปที่ 3 รูปตัดตามขวางของแผ่นผนัง SIP ชนิดมีช่องกลาง และมีขอบแผ่นตัน (SIP-CA) ในกรณีนี้ถูกออกแบบให้พื้นที่หน้าตัดของโฟมเท่ากับของช่องอากาศ

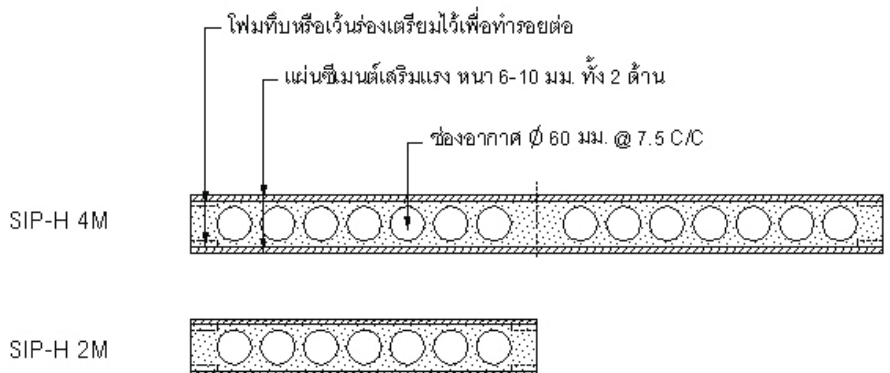
รูปที่ 4 รูปตัดตามขวางของแผ่นผนัง SIP ชนิดมีช่องกลาง และมีขอบแผ่นตัน (SIP-CB) ในกรณีนี้ถูกออกแบบให้พื้นที่หน้าตัดของช่องอากาศเท่ากับ 1/3 ของพื้นที่หน้าตัดโฟม



รูปที่ 5 รูปตัดตามขวางของแผ่นผนัง SIP ชนิดมีช่องกลาง และมีขอบเว้า (SIP-CC) ในกรณีนี้ถูกออกแบบให้พื้นที่หน้าตัดของช่องอากาศเท่ากับของโฟมซึ่งอาจออกแบบให้มีสัดส่วนที่แตกต่างกันได้ตามต้องการ



รูปที่ 6 รูปตัดตามขวางของแผ่นผนัง SIP ชนิดมีช่องกลางในแผ่นโฟม และมีปลายตัน (SIP-H) ในกรณีนี้ออกแบบให้ช่องกลางเป็นรูปวงกลม ซึ่งอาจเป็นรูปแบบอื่นได้ เช่น หกเหลี่ยม หรือแปดเหลี่ยม ฯลฯ

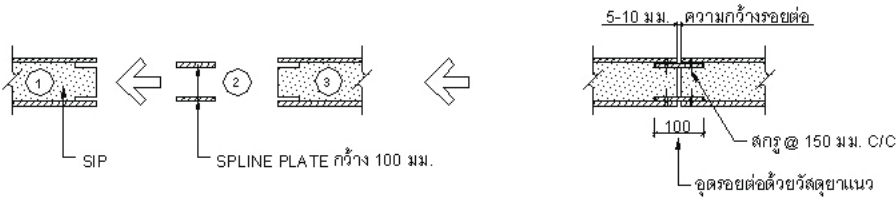


สำหรับผนัง SIP ชนิดมีช่องกลวง สัดส่วนพื้นที่หน้าตัดของโฟมกับช่องอากาศ จะมีผลต่อกำลังวัสดุหรือคุณสมบัติเชิงกล ค่าความต้านทานความร้อน ปริมาณโฟมที่ใช้ และต้นทุนการผลิตโดยตรง จึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน และระบบโครงสร้างของอาคารที่ออกแบบเป็นสำคัญ

2.6 ระบบและวิธีการเชื่อมต่อแผ่น

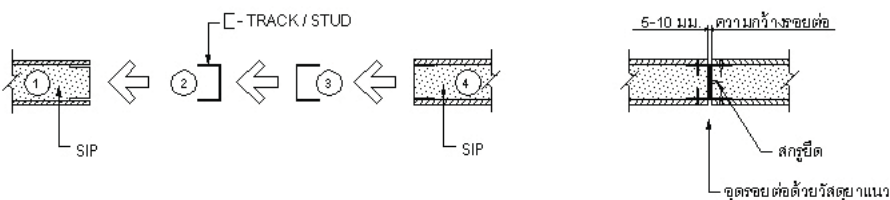
2.6.1 การเชื่อมต่อแผ่น SIP ที่มีขอบที่บดตัน เป็นระบบ Dry Joint มีให้เลือกใช้ได้ 2 แบบ ได้แก่

ใช้วัสดุแผ่นแข็งที่หุ้มอยู่ภายนอกหรือแผ่นกระเบื้องซีเมนต์เสริมแรง ความกว้างประมาณ 70-100 มิลลิเมตร สอดประกบไว้หลังวัสดุแผ่นภายนอก แล้วยิงสกรู/กาวยึดติดกัน ใช้สำหรับรอยต่อแผ่น SIP ทั้งทางแนวตั้งและแนวนอนได้โดยทั่วไป เป็นระบบรอยต่อที่ประหยัดและนิยมใช้กันทั่วไปในต่างประเทศ



รูปที่ 7 แสดงขั้นตอนการติดตั้งและการทำรอยต่อด้วยแผ่นวัสดุ

ใช้เหล็กรูปตัวซี (Light channel steel) ครอบเป็นกรอบฝังซ่อนอยู่ในแผ่นผนัง โดยยึดติดกับขอบแผ่น SIP โดยใช้สกรู เป็นรอยต่อที่ออกแบบขึ้นเพื่อให้มีความแข็งแรงสูงขึ้น (ใช้ได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน) จะให้ความสะดวกในการติดตั้งแผ่นผนัง และยึดต่อกับแผ่นพื้นหรือโครงหลังคา เหมาะที่จะใช้ยึดต่อบริเวณมุมอาคารหรือมุมห้อง และรอบๆ ช่องเปิด (รอยต่อของแผ่น SIP กับวงกบประตูหน้าต่าง) โครงเหล็กที่เป็นกรอบรอบผนังหรือรอบช่องเปิดจะช่วยกระจายแรงและเสริมความแข็งแรงให้กับระบบผนังอาคารโดยรวม



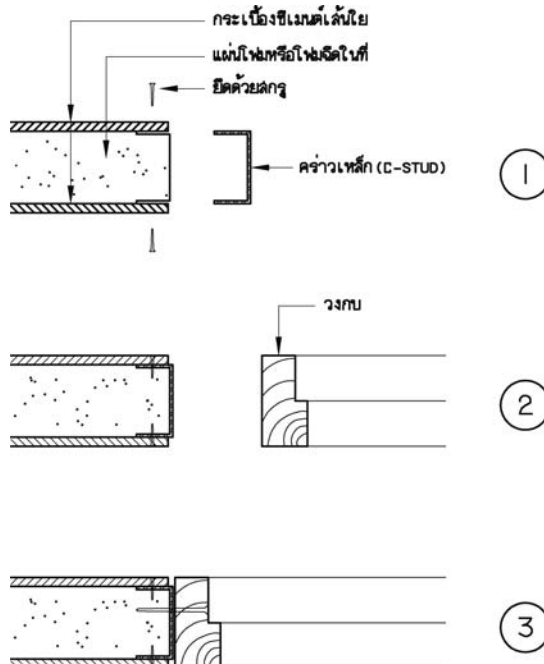
รูปที่ 8 แสดงขั้นตอนการติดตั้งและการทำรอยต่อด้วยเหล็กรูปตัวซีที่ประยุกต์ขึ้นใช้⁵

⁵ ผลจากโครงการวิจัยเดียวกัน

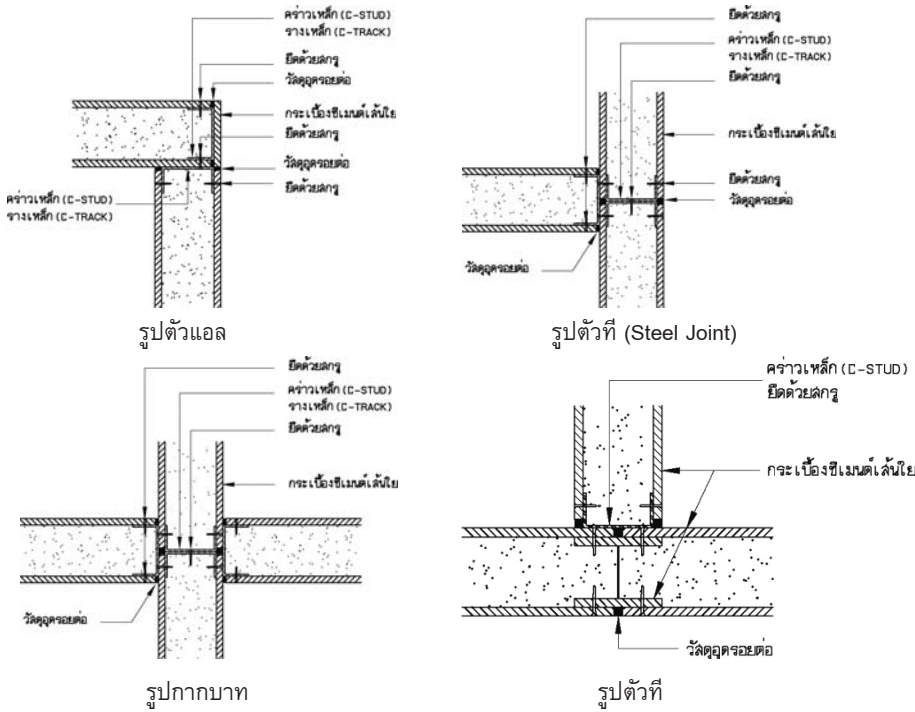
เหล็กชุบสังกะสีที่ใช้ ถ้าเป็น Cold - Formed Structural Steel (ความหนา 1.6-3.2 มม.) ความลึกเท่ากับความหนาของแผ่นโฟม ถ้าใช้เหล็กชุบสังกะสี (Zinc, Zinalume) ซึ่งกันการสึกกร่อนได้ดี (ความหนา 0.7-1.6 มม.) ทั้งนี้ควรขึ้นอยู่กับชนิดของโครงสร้างเหล็ก (พื้นและหลังคา) ที่จะนำมาใช้เชื่อมต่อกับผนังด้วย จึงเป็นการออกแบบที่ประยุกต์การเชื่อมต่อแผ่น SIP ด้วยไม้แปรรูปของต่างประเทศมาใช้ให้เหมาะสมในประเทศไทย

ระบบการก่อสร้าง SIP ที่เป็นผนังรับน้ำหนัก สามารถนำไปประยุกต์ใช้ผสมผสานกับระบบพื้นและหลังคาที่ใช้ก่อสร้างตามปกติทั่วไปได้ ได้แก่ พื้นตงไม้ พื้นตงเหล็ก และพื้นคอนกรีต หรือ โครงหลังคาไม้ และโครงหลังคาเหล็ก ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและข้อจำกัดในแต่ละโครงการ ในต่างประเทศใช้ SIP เป็นแผ่นพื้น และแผ่นหลังคาได้ด้วย เนื่องจากต้องการผนังที่มีความหนามากๆ เพื่อให้ต้านทานความร้อนได้ดี จึงสามารถรับแรงตัดได้ดีขึ้นด้วย แต่ในกรณีของประเทศไทย จากผลการศึกษาที่ผ่านมาสรุปได้ว่า ถ้าใช้ SIP เป็นแผ่นพื้น หรือหลังคาจะไม่ประหยัด เพราะ SIP รับแรงตัดได้ไม่ดีนัก จึงต้องการความลึกหรือความหนาเพิ่มขึ้นมาก และควรเปลี่ยนไปใช้พื้นระบบอื่นที่มีราคาถูกกว่าแทน เช่น พื้นตงไม้ หรือพื้นตงเหล็กซึ่งมีน้ำหนักเบา และพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป ฯลฯ

รูปที่ 9 ตัวอย่างวิธีการยึดต่อวงกบ
ประตูดังกับผนัง SIP ที่มีขอบ
แผ่นตัน⁶



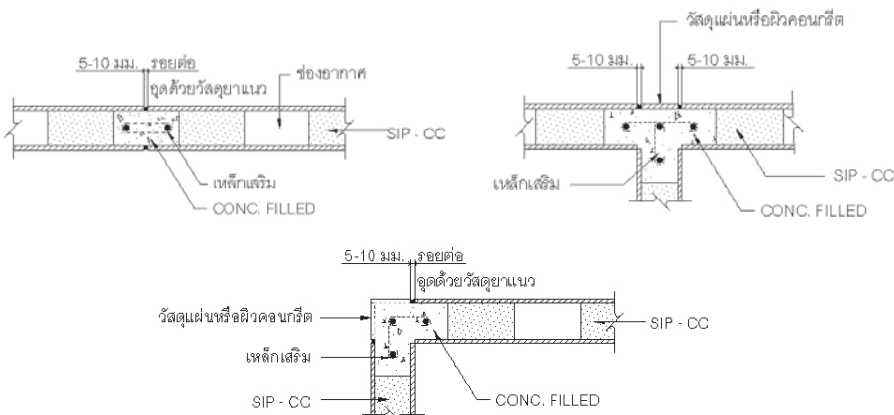
⁶ ผลจากโครงการวิจัยเดียวกัน



รูปที่ 10 ตัวอย่างรอยต่อผนัง SIP ชนิดมีขอบแผ่นตัน ที่ได้ออกแบบหรือประยุกต์ขึ้นใช้ในโครงการวิจัยเดียวกัน

2.6.2 การเชื่อมต่อผนัง SIP ชนิดมีขอบเว้า ออกแบบให้มีรอยต่อได้ 2 แบบ ได้แก่

1) เชื่อมต่อด้วยคอนกรีต หรือเป็น Wet Joint ช่องว่างที่เว้นไว้สำหรับเทคอนกรีตควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 10 x 10 ซม. เพื่อความสะดวกในการเทคอนกรีต (Concrete Fill) และควรใช้สกรูหรืออุปกรณ์ยึดปลายวัสดุแผ่นให้เกาะติดกับคอนกรีตอย่างถาวรด้วย

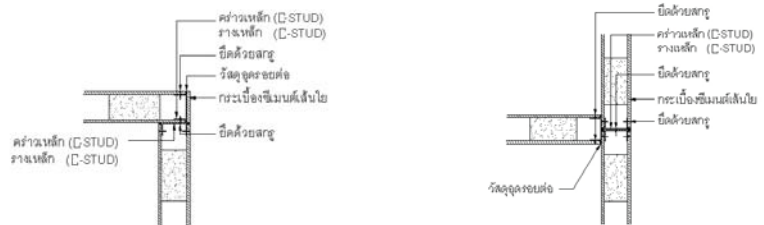


รูปที่ 11 แสดงรายละเอียดรอยต่อของแผ่นผนัง SIP ชนิดขอบเว้า ด้วยการใช้คอนกรีต

ผนังชนิดมีช่องกลวงและมีรอยต่อระบบนี้ สามารถเทคอนกรีตบรรจุในช่องว่างของผนังให้มีระยะห่างเท่าๆ กันได้ (40 -60 ซม.) โดยสามารถออกแบบให้คอนกรีตทำหน้าที่เป็นผนังรับน้ำหนักทางโครงสร้างแทนแผ่น SIP ได้โดยตรง ผนังลูกผสมระหว่างคอนกรีตกับโฟมหรือช่องอากาศนี้ จะช่วยให้อาคารมีความแข็งแรงและทนทานต่อเพลิงไหม้ได้สูง และให้ความอิสระในการออกแบบผนังให้เหมาะสมกับน้ำหนักบรรทุกหรือประเภทอาคาร และเจาะช่องเปิดผนังได้มากกว่าระบบที่ใช้ผนังแบบทึบตัน หรือเลือกเทคอนกรีตให้มีขนาดและระยะห่างได้ตามความเหมาะสมของน้ำหนักบรรทุกของผนัง หรือประเภทอาคาร

2) ใช้เหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น หรือเหล็กแผ่นชุบสังกะสีพับขึ้นรูปเป็นตัวยึดต่อ หรือออกแบบให้เป็น Dry Joint โครงเหล็กที่ใช้ยึดต่อแผ่นผนัง (เหล็กรูปตัวซี ตัวยูหรือเหล็กกล่อง ฯลฯ) อาจฝังเสาหรือคานเหล็กซ่อนไว้ในช่องว่างรอยต่อนั้นได้โดยเว้นหรือตัดโฟมออกให้มีขนาดพอดีกับโครงสร้างที่ใช้ฝังและเป็นตัวยึดต่อแผ่นผนังได้ในตัว

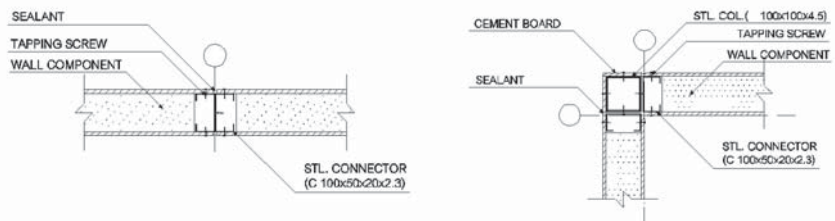
รูปที่ 12 แสดงรายละเอียดรอยต่อของแผ่นผนัง SIP ชนิดขอบเว้า โดยใช้เหล็กรูปตัวซี หรือเหล็กกล่องฝังซ่อนไว้ในแผ่นผนัง โดยอาจมีทำหน้าที่เป็นเพียงตัวยึดต่อแผ่น หรืออาจออกแบบให้เป็นโครงสร้างหลักของอาคารด้วยก็ได้ ถ้ารูปตัดเหล็กมีขนาดใหญ่หรือให้ความแข็งแรงเพียงพอ (ผนังต้องมีความหนามากพอด้วย)



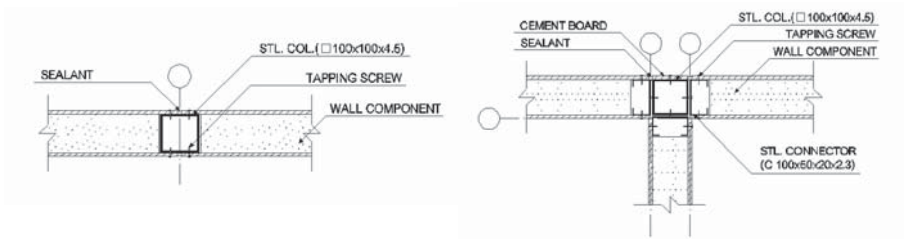
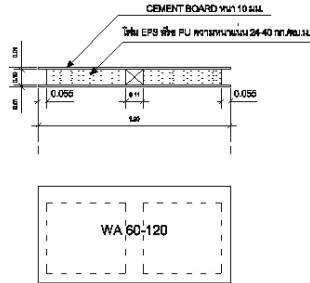
ก. การต่อแผ่นผนัง SIP-CC ด้วยเหล็กตัวซี⁷

⁷ ผลจากโครงการ การศึกษาและออกแบบบ้านพักอาศัยโดยใช้โครงสร้างและแผ่นผนังสำเร็จรูปที่มีน้ำหนักเบาในการก่อสร้าง

⁸ ผลจากโครงการวิจัยเดียวกัน



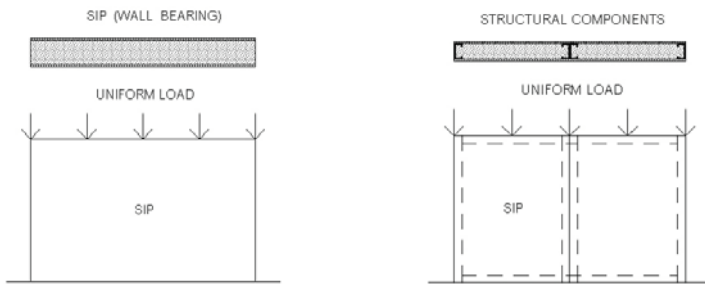
ข. การต่อแผ่นผนัง SIP ชนิดขอบเว้าด้วยเหล็กตัวซี⁸



ค. การฝังเสาเหล็กซ่อนอยู่ในผนังบริเวณรอยต่อของผนังที่มีขอบเว้า⁹

2.7 ระบบการก่อสร้างอาคารที่ประยุกต์ขึ้นใช้

1) ใช้ผนัง SIP เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักโดยตรง เหมาะกับผนังที่มีรูปแบบทึบตัน แต่ถ้าใช้ผนังชนิดกลวงอาจต้องเพิ่มความหนาแผ่นเพื่อชดเชยกำลังวัสดุที่เสียไป ซึ่งเหมาะที่จะใช้กับอาคารชั้นเดียวหรือที่มีน้ำหนักบรรทุกและแรงกระทำไม่มากนัก



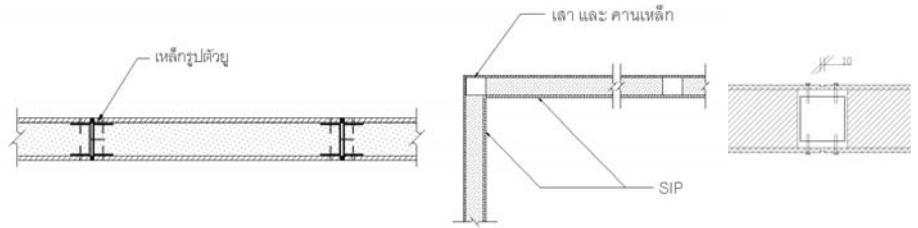
รูปที่ 13 ผนัง SIP ที่รับน้ำหนักทางโครงสร้าง แต่ออกแบบให้ฝังเหล็กตัวยูไว้ที่ขอบเพื่อช่วยกระจายแรงสู่แผ่นวัสดุแข็ง เพื่อความสะดวกในการติดตั้ง และการยึดต่อกับโครงสร้างพื้นและหลังคา

2) ใช้โครงเหล็กที่เชื่อมต่อระหว่างแผ่นทำหน้าที่รับน้ำหนักทางโครงสร้างแทนแผ่นผนัง SIP ถ้าโครงเหล็กที่ใช้ยึดต่อระหว่างแผ่นนั้น มีระยะห่างเท่าๆ กัน 0.40-1.20 เมตร ก็สามารถออกแบบให้เป็นระบบผนังโครงคร่าวเหล็กรับน้ำหนักได้ (Cold-formed Steel Framing) กรณีนี้ผนัง SIP ก็เหมือนกับผนังโครงคร่าวเหล็กที่มีวัสดุแผ่นกรูอยู่หน้าโครงคร่าว

⁹ ผลจากโครงการวิจัยเดียวกัน

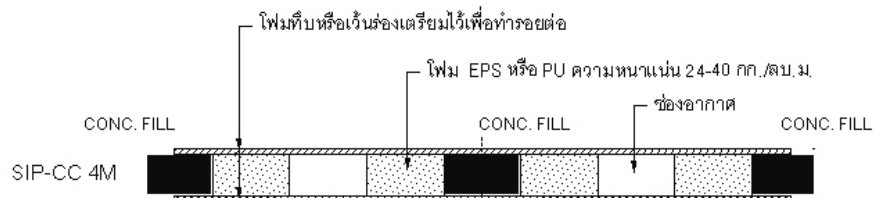
และฉีดโฟมบรรจุอยู่ระหว่างโครงคร่าว เพียงแต่ใช้เหล็กรูปตัว 2 ตัวประกบกันเป็นโครงคร่าว ส่วนอีกกรณีหนึ่งสามารถออกแบบให้อาคารมีโครงสร้างเป็นระบบเสาและคานเหล็กได้ คือ ใช้เหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่มีขนาดใหญ่หรือมีกำลังสูงพอ ทำหน้าที่เป็นเสาและคานฝังซ่อนอยู่ในช่องรอยต่อหรือช่องกลางของผนังแทนโฟมได้ โครงเหล็ก (เสา) จึงมีระยะห่างได้มากกว่า 1.20 ม. (ควรห่างเท่ากับความยาวของแผ่นผนัง เช่น 2.40 2.80 หรือ 3.00 เมตร. ฯลฯ)

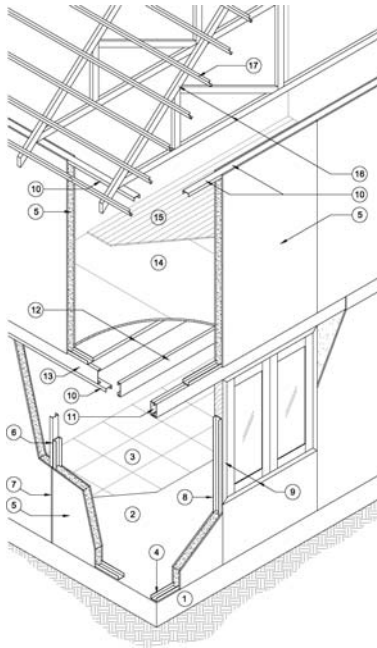
รูปที่ 14 ผนัง SIP ที่ไม่ใช้รับน้ำหนักทางโครงสร้าง แต่ออกแบบให้โครงคร่าวเหล็กรูปตัวยู หรือเสาเหล็กกล่องทำหน้าที่รับน้ำหนักโครงสร้างแทน โดยเตรียมร่อง หรือช่องเว้าไว้ที่ขอบแผ่นผนังเพื่อฝังโครงสร้างเหล็กซ่อนไว้



3) ใช้คอนกรีตที่บรรจุในช่องผนังกลาง รับน้ำหนักทางโครงสร้างแทนแผ่นผนัง SIP โดยออกแบบให้มีคอนกรีตที่รอยต่อแผ่นหรือที่บรรจุในช่องกลางนั้น มีระยะห่างเท่าๆ กัน (0.40-0.60 เมตร) สำหรับระบบผนังรับน้ำหนัก และสามารถออกแบบให้เป็นโครงสร้างระบบเสาและคานคอนกรีตได้ด้วยเช่นกัน โดยกำหนดให้เสาคอนกรีตที่บรรจุอยู่ในช่องผนังมีระยะห่างกันมากขึ้น (1.20-3.60 เมตร) ในกรณีดังกล่าวแผ่นผนัง SIP จะทำหน้าที่เป็นแบบหล่อคอนกรีตสำหรับใช้หล่อผนัง หรือเสาและคานได้ในตัว จะช่วยประหยัดไม้แบบและก่อสร้างได้ง่ายกว่าการหล่อเสาและคานคอนกรีตโดยทั่วไป ผนังและระบบก่อสร้าง SIP ชนิดมีช่องกลางจึงให้ความอิสระในการออกแบบให้เหมาะสมกับประเภทอาคาร ความสูงอาคาร และน้ำหนักหรือแรงกระทำที่เกิดขึ้นได้มาก เพราะสามารถเลือกเทคอนกรีตในช่องกลางของผนังได้ทุกช่อง หรือเว้นให้มีระยะห่าง 0.40-3.00 ม. ได้ตามที่ผู้ออกแบบต้องการ

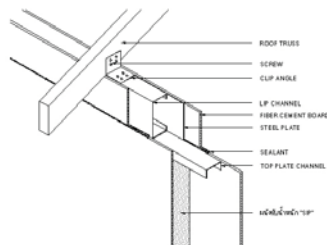
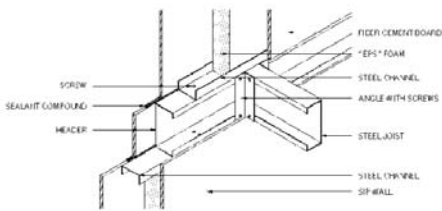
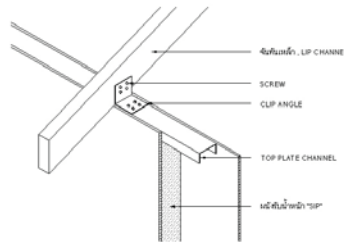
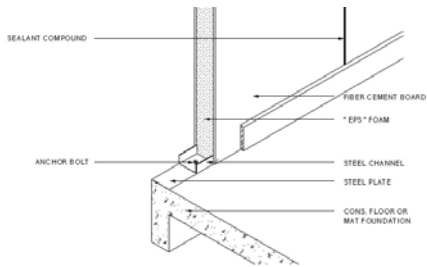
รูปที่ 15 การหล่อคอนกรีตบรรจุในช่องผนัง SIP เพื่อทำหน้าที่เป็นทั้งตัวเชื่อมต่อแผ่น และผนังรับน้ำหนักหรือเป็นเสา (แนวตั้ง) และคาน (แนวนอน) แผ่น SIP จึงใช้เป็นแบบหล่อคอนกรีตได้ในตัว





- สัญลักษณ์**
- 1 โครงสร้าง ค.ส.ล.
 - 2 ชั้น ค.ส.ล.
 - 3 ฉนวนสำเร็จ (FINISHING FLOOR)
 - 4 รางเหล็ก (C-TRACK) ยึดผนังด้านใน
 - 5 แผ่นฉนวน SIP
 - 6 ค้ำวางเหล็ก หรือแผ่นวัสดุ (SPLINE PLATE)
 - 7 วัสดุอุดรอยต่อ (SEALANT)
 - 8 ค้ำวางเหล็ก เสริมความแข็งแรงให้ที่ยึดผนัง
 - 9 รางเหล็ก (C-TRACK) ยึดผนังด้านนอก
 - 10 รางเหล็ก (C-TRACK) ยึดผนังด้านนอก
 - 11 ค้ำวางเหล็ก ของชั้นผนังภายนอก
 - 12 ฉนวนเหล็ก (JOISTS)
 - 13 รางเหล็กยึดผนัง ของชั้นผนังภายนอก
 - 14 แผ่นฉนวน SUBFLOOR
 - 15 ฉนวนสำเร็จ (FINISHING FLOOR)
 - 16 โครงสร้างค้ำวางเหล็ก (RAFTER/TRUSS)
 - 17 แผ่นเหล็ก

รูปที่ 16 ตัวอย่างระบบการก่อสร้างบ้านที่ประยุกต์ชั้น โดยใช้ SIP เป็นผนังรับน้ำหนักทางโครงสร้าง



รูปที่ 17 ตัวอย่างรอยต่อระหว่างพื้นผนัง และหลังคาของอาคารที่ออกแบบหรือประยุกต์ชั้นใช้ โดยใช้ SIP เป็นผนังรับน้ำหนัก

ภาพที่ 16-17 แสดงตัวอย่างระบบการก่อสร้างอาคารที่ประยุกต์ชั้น โดยใช้ผนัง SIP ที่มีขอบแผ่นตันรับน้ำหนักทางโครงสร้าง ต้องเตรียมร่องโพลีไมท์ที่ขอบแผ่นเพื่อการเชื่อมต่อด้วยเหล็กรูปตัวซี และอาจใช้ผนัง SIP ชนิดที่เป็นแผ่นตัน หรือแผ่นกลวงก็ได้ โดยต้องมีการทดสอบหรือคำนวณโครงสร้างโดยวิศวกร

3 การนำไปประยุกต์ใช้

แผ่นผนัง SIP ทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ ชนิดแผ่นที่บดตัน (SIP-S) ชนิดแผ่นมีช่องกลวง (SIP-CA, SIP-CB และ SIP-CC) และชนิดใช้โฟมที่มีรูกลวง (SIP-H) ถ้ากำหนดให้ผนังมีความหนาแน่นเท่ากัน ใช้วัสดุแผ่นภายนอกชนิดเดียวกันและหนาเท่ากัน และใช้โฟมชนิดเดียวกันที่มีความหนาแน่นเท่ากันแล้ว สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างในด้านต่างๆ ได้โดยประมาณ ดังนี้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบข้อได้เปรียบ/เสียเปรียบของผนัง SIP ที่มีรูปแบบแตกต่างกันโดยประมาณ

	ข้อพิจารณา	สูง/มากกว่า	ปานกลาง	ต่ำ/น้อยกว่า
1	ความประหยัดของวัตถุดิบหรือโฟมที่ใช้ในการผลิต	SIP-H	SIP-CA / SIP-CC	SIP-S
2	ความง่าย/ความรวดเร็วในการผลิต**	SIP-S	SIP-CA / SIP-CC	SIP-H
3	ความสามารถในการรับแรงอัด*	SIP-S	SIP-CA / SIP-CC*	SIP-H*
4	ความสามารถในการรับแรงดัด*	SIP-S	SIP-H*	SIP-CA / SIP-CC*
5	ค่าความต้านทานความร้อน	SIP-S	SIP-H	SIP-CA / SIP-CC
6	ค่าการกันเสียง	SIP-S	SIP-H	SIP-CA / SIP-CC
7	น้ำหนักเฉลี่ยต่อตารางเมตร	SIP-S	SIP-H	SIP-CA / SIP-CC

* ขึ้นอยู่กับรายละเอียดแบบหรือสัดส่วนของเนื้อโฟมกับช่องอากาศ และต้องทำการทดสอบผลเปรียบเทียบเพิ่มเติม

** ขึ้นอยู่กับชนิดโฟม ชนิดของวัสดุแผ่นภายนอก จำนวน และกระบวนการผลิตที่ใช้ ค่ายอยู่ในตารางที่ 1 มีความหมายตามคำอธิบายภาพที่ 3-6

โดยหลักการแล้ว แผ่นผนังชนิดกลวงจะช่วยลดเนื้อวัสดุหรือโฟมซึ่งมีราคาสูงในกระบวนการผลิตได้ แต่กำลังวัสดุ และคุณสมบัติบางประการ เช่น ค่าความต้านทานความร้อน และการกันเสียง ฯลฯ จะลดลงไปด้วย การนำไปใช้งานจึงต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับประเภทอาคาร หรือข้อจำกัดในการออกแบบ และการก่อสร้างในแต่ละกรณี แต่หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการผลิตทางอุตสาหกรรม ต้องพยายามให้มีน้อยแบบ แต่สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลายประเภท หรือสนองความต้องการของตลาดให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยลง สถาปนิกและวิศวกรผู้ออกแบบจึงมีความสำคัญในการเลือกใช้หรือนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ให้มีประสิทธิภาพและประหยัดราคาก่อสร้าง

ผนังที่ใช้สำหรับก่อสร้างอาคารพักอาศัยในประเทศไทยที่ยอมรับกันทั่วไป จะมีความหนาประมาณ 10 เซนติเมตร การออกแบบผนัง SIP ให้มีช่องกลวง (SIP-CA, SIP-CB และ SIP-CC) ถ้าประกอบขึ้นจากกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบความหนาประมาณ 6-10 มิลลิเมตร ใช้โฟม EPS หรือ PU ที่ความหนาแน่นประมาณ 1.5-2.5 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต จะมียาถูกกว่าแผ่นผนังทึบ (SIP-S) ที่เป็นรูปแบบทั่วไป และสามารถนำไปใช้ออกแบบหรือก่อสร้างสำหรับอาคารพักอาศัยได้ ถ้าออกแบบให้มีสัดส่วนของพื้นที่หน้าตัดโฟมกับช่องอากาศอย่างเหมาะสมก็ยังสามารถรับน้ำหนักทางโครงสร้างของบ้านที่สูงเพียง 1-2 ชั้นได้ และสามารถนำไปใช้เป็นผนังชนิดไม่รับน้ำหนัก หรือ Claddings สำหรับอาคารสาธารณะ หรืออาคารประเภทอื่นได้ด้วย

รูปแบบของผนังชนิดที่ใช้โฟมซึ่งมีรูกลวงอยู่ภายใน (SIP-H) ถึงแม้จะประหยัดวัสดุ และอาจออกแบบให้รับแรงทางโครงสร้างได้ดีกว่าผนังชนิดกลวง (SIP-CA, SIP-CB และ SIP-CC) (ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของพื้นที่หน้าตัดโฟมกับช่องอากาศ) แต่จะมีข้อเสียเปรียบในเรื่องการประกอบหรือกระบวนการผลิตแผ่น คือไม่สามารถนำแผ่นโฟมทึบที่มีขายอยู่ทั่วไปมาตัด แล้วนำไปใช้ประกอบได้ (ยึดติดกับวัสดุแผ่นภายนอกโดยการทาหรือพ่นด้วยกาว) แต่ต้องใช้แผ่นโฟมที่ฉีดหรือรีดขึ้นพิเศษให้มีรูกลวงอยู่ภายใน และไม่มีขายในท้องตลาดโดยทั่วไป ผลิตจากโฟม PU ได้ยาก โดยปกติจึงมีกระบวนการผลิตที่แพงกว่าแผ่นโฟมทึบตัน หรือผนังชนิดที่เป็นช่องกลวงรูปสี่เหลี่ยม

ข้อได้เปรียบที่สำคัญอีกประการหนึ่งของผนัง SIP ชนิดกลวง (SIP-C และ SIP-H) คือ มีช่องเตรียมไว้สำหรับหล่อคอนกรีต หรือใช้ผนังเป็นแบบหล่อสำเร็จรูปได้ในตัว สามารถออกแบบช่องกลวงให้มีขนาดหรือระยะห่างได้ตามต้องการ และในระหว่างการก่อสร้างก็สามารถเลือกเทคอนกรีตให้ประหยัดและแข็งแรงตามความจำเป็นได้ง่าย จึงให้ความมีประสิทธิภาพ

ทั้งในงานออกแบบ และในงานก่อสร้าง อีกทั้งการเทปตรอยต่อด้วยคอนกรีตเป็นเทคนิค การก่อสร้างที่คุ้นเคยกันดีในประเทศไทย เป็นระบบกึ่งอุตสาหกรรม จึงสามารถนำไปใช้ ก่อสร้างในทุกท้องถิ่นได้โดยสะดวกและประหยัด ประกอบกับข้อได้เปรียบของผนัง SIP ที่มีน้ำหนักเบา ขนส่งและประกอบติดตั้งได้สะดวกอยู่แล้ว จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ก่อสร้าง ทั้งในเมือง และในท้องถิ่นห่างไกล โดยเฉพาะอาคารพักอาศัยสำหรับผู้ประสภภัย หรือ อาคารฉุกเฉินที่ใช้ชั่วคราว ฯลฯ

อย่างไรก็ตามผนัง SIP หรือระบบการก่อสร้างด้วยวัสดุชนิดนี้มีข้อเสียหรือข้อจำกัด บางประการเช่นกัน ที่สำคัญได้แก่ ความคงทนถาวรของวัสดุที่นำมาใช้ประกอบเป็นผนัง หรือในการก่อสร้างโดยรวมลดน้อยลงกว่าระบบการก่อสร้างที่นิยมใช้และยอมรับกันทั่วไป ในประเทศไทย วัสดุที่นำมาใช้ผลิตและก่อสร้างจึงต้องคัดเลือกให้ได้มาตรฐานตามที่ออกแบบไว้ ต้องการการบำรุงรักษามากขึ้น และอายุการใช้งานของอาคารโดยรวมจะต่ำกว่า อาคารโครงสร้างคอนกรีต หรือเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน ผนังมีอัตราการทนไฟ ต่ำกว่าของอาคารพักอาศัยทั่วไป ความปลอดภัยจากเพลิงไหม้จึงลดลงด้วย (ยกเว้นระบบ ที่หล่อคอนกรีตในช่องกลวงของผนังเพื่อทำหน้าที่เป็นผนังรับน้ำหนักหรือโครงสร้าง เสาและคาน) เมื่อเพลิงไหม้โฟมบางชนิดจะมีสารพิษสูงกว่าไม้หรือคอนกรีต ฯลฯ ในการ ออกแบบอาคารจึงควรแก้ปัญหาหรือจุดอ่อนดังกล่าวให้เหมาะสมเฉพาะโครงการด้วย เช่น อาจพ่นสารกันไฟ หรือใช้ยิบซัมบอร์ดกรุภายในอาคาร ฯลฯ ถึงแม้ว่าวัสดุและระบบก่อสร้าง นี้ยังไม่เป็นที่คุ้นเคย หรือยอมรับกันมากนักในประเทศไทย แต่น่าจะพัฒนาใช้เป็นวัสดุ และระบบการก่อสร้างทางเลือกได้เช่นกัน โดยเฉพาะอาคารฉุกเฉินหรืออาคารชั่วคราวที่ ต้องการสร้างได้ง่ายและรวดเร็ว ขนส่งหรือเคลื่อนย้ายได้สะดวก และอาคารปรับอากาศที่ ต้องการประหยัดพลังงานมากขึ้น เป็นต้น

4 บทสรุป

แนวคิดของการออกแบบผนัง SIP ให้เป็นผนังกลวง หรือมีช่องอากาศอยู่ภายใน แผ่นโฟมนั้น สืบเนื่องมาจากผลการศึกษาในโครงการต่างๆ ที่ผ่านมา และพบว่า

- 1) ผนัง SIP ที่ประกอบขึ้นจากแผ่นโฟมทึบ ซึ่งเคยออกแบบขึ้นและทำการ ทดสอบผลแล้วนั้น (ความหนาผนังรวม 10 เซนติเมตร) มีกำลังวัสดุหรือความแข็งแรงสูง เกินพอที่จะใช้ออกแบบเป็นผนังรับน้ำหนักสำหรับอาคารพักอาศัยทั่วไป ซึ่งมีความสูงเพียง 1-2 ชั้น ตามมาตรฐานการออกแบบและความปลอดภัยทางโครงสร้างในประเทศไทย

2) ราคาเฉลี่ยของผนัง SIP ชนิดตันที่เคยออกแบบไว้¹⁰ ถึงแม้ว่าจะถูกกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตหรือมีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป¹¹ แต่ยังคงมีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุผนังที่ใช้ทั่วไป เนื่องจากโฟมเป็นวัสดุที่มีราคาสูงในประเทศไทย (แพงกว่าคอนกรีต) การออกแบบผนัง SIP จึงควรลดเนื้อโฟมลงเพื่อลดต้นทุนการผลิต และสามารถเปลี่ยนไปใช้โฟมที่ให้ความปลอดภัยสูงกว่าได้

3) ในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย สำหรับอาคารพักอาศัยที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติโดยทั่วไปนั้น ผนัง SIP ที่ช่วยให้ประหยัดพลังงานในอาคารได้จะมีความหนา 5-10 เซนติเมตรโดยประมาณ และถึงแม้จะใช้ผนังหนาๆ หรือเปลี่ยนไปใช้โฟมชนิดอื่นเพื่อให้ผนังมีค่าความต้านทานความร้อนสูงขึ้น (ราคาแพงขึ้น) แต่จะมีผลต่อการประหยัดพลังงานหรือค่าไฟฟ้าได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และบางกรณีจะไม่ช่วยให้ประหยัดพลังงานหรือค่าไฟฟ้าได้เลย ความหนาของผนัง SIP ที่ออกแบบ จึงควรขึ้นอยู่กับเหตุผลอื่นเป็นสำคัญมากกว่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เช่น ความสะดวกในการทำงานหรือการใช้งาน ควรใช้ร่วมกับวัสดุหรือระบบก่อสร้างอื่นที่มีอยู่แล้วในท้องตลาดได้ดี สามารถกันเสียงได้ดี และให้ความความรู้สึกที่มั่นคงหรือปลอดภัยด้วย ฯลฯ

4) กำลังวัสดุหรือความแข็งแรงและเสถียรภาพทางโครงสร้าง จะขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นผนังเป็นสำคัญ ผนังที่มีความหนามากสามารถรับแรงกระทำทั้งในแนวตั้งและในแนวราบเพิ่มขึ้นได้ดี หรือให้ความปลอดภัยมากขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะระบบผนังรับน้ำหนัก ผนัง SIP ที่ออกแบบ และผลิตขึ้นเพื่อการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมจึงไม่ควรลดความหนาให้ต่ำกว่ามาตรฐานที่ใช้อยู่ตามปกติ เพื่อความอิสระในการออกแบบและการนำไปปรับใช้ก่อสร้างกับอาคารประเภทอื่นๆ ได้โดยสะดวก

รูปแบบของผนัง SIP ชนิดมีช่องกลวง วิธีการเชื่อมต่อแผ่น และระบบการก่อสร้างต่างๆ จึงถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น ซึ่งสามารถพิสูจน์และทดสอบผลการใช้งานได้ โดยการผลิต ทดสอบในห้องปฏิบัติการ และใช้ในโครงการก่อสร้างจริง และถ้ามีการทดสอบในรายละเอียดต่างๆ เพิ่มเติมก็สามารถพัฒนาให้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้น หรือเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป

ข้อดีของผนัง SIP ชนิดกลวง (SIP-C และ SIP-H) ที่ออกแบบขึ้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ใช้ร่วมกับโครงสร้างทั้งระบบผนังรับน้ำหนัก และระบบเสาและคานได้ดีและประหยัด การมีช่องว่างที่บริเวณรอยต่อ หรือช่องกลวงในแผ่นผนัง ช่วย

¹⁰ ประมาณ 670 บาท/ตารางเมตร (พ.ศ. 2549)

¹¹ ประมาณ 1,000 บาท/ตารางเมตร (พ.ศ. 2549)

ให้ซ่อนโครงสร้าง (โครงคร่าวรับน้ำหนัก เสา และคาน) ไว้ในผนังได้ อีกทั้งสามารถหล่อคอนกรีตบรรจุในช่องดังกล่าวหรือใช้ผนังเป็นแบบหล่อสำเร็จรูปได้ในตัว จึงสามารถออกแบบให้อาคารมีผนังคอนกรีตรับน้ำหนักที่ประหยัดและมีค่าความต้านทานความร้อนสูงมากขึ้น เพราะมีช่องอากาศ หรือโฟมทดแทนในบางส่วน (ผนังมีมวลสารของคอนกรีตเพิ่มขึ้นซึ่งอาจช่วยให้ประหยัดพลังงานได้มากขึ้นด้วย ถ้ามีสัดส่วนเหมาะสม) หรือออกแบบให้เป็นระบบเสาและคานคอนกรีตที่ซ่อนไว้ในผนัง SIP ก็ได้ ถ้าผนังมีความหนาพอในการก่อสร้างก็สามารถเลือกเทคอนกรีตให้ประหยัดและแข็งแรงได้ตามความจำเป็น จึงให้ความอิสระทั้งในงานออกแบบ และในงานก่อสร้าง อีกทั้งโครงสร้างคอนกรีตสามารถทนไฟหรือให้ความปลอดภัยจากไฟไหม้ได้สูงกว่าการใช้ผนัง SIP หรือโครงสร้างเหล็กรูปพรรณขึ้นรูปเย็นหลายเท่า คอนกรีตเป็นเทคนิคการก่อสร้างที่คุ้นเคยกันดีในประเทศไทย เป็นระบบกึ่งอุตสาหกรรม จึงสามารถนำไปใช้ก่อสร้างในทุกท้องถิ่นได้โดยสะดวกและประหยัด ประกอบกับข้อได้เปรียบของผนัง SIP ที่มีน้ำหนักเบา ขนส่งและประกอบติดตั้งได้สะดวกอยู่แล้ว จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ก่อสร้างทั้งในเมือง และในท้องถิ่นห่างไกล โดยเฉพาะอาคารพักอาศัยสำหรับผู้ประสภภัย หรืออาคารฉุกเฉินที่ใช้ชั่วคราว ฯลฯ

ผนัง SIP ชนิดกลวงที่ออกแบบไว้ จึงให้ความอิสระทั้งในงานออกแบบ และในงานก่อสร้าง สามารถใช้ร่วมกับโครงสร้างเหล็กและคอนกรีตได้ดี สามารถนำไปใช้ก่อสร้างบ้านหรืออาคารในระบบอุตสาหกรรม หรือกึ่งอุตสาหกรรมได้ เหมาะที่ใช้ได้กับบ้านในเมืองต่างจังหวัด หรือที่ห่างไกลได้ รวมทั้งอาคารพักอาศัยสำหรับผู้ประสภภัย อาคารฉุกเฉินหรืออาคารชั่วคราวที่ไม่ต้องการความคงทนถาวรหรือมีอายุการใช้งานสูงมากนัก และบ้านหรืออาคารที่มีภาวะเครื่องปรับอากาศมากๆ เพื่อช่วยประหยัดพลังงาน ฯลฯ

บรรณานุกรม

- เจริญวัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. 2550. การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง *Structural Sandwich Panels* เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. นครปฐม : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- เจริญวัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. 2551. การศึกษาเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างบ้านด้วยโครงสร้างเหล็กเบากับโครงสร้างไม้ขนาดเล็ก. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (2547). กรุงเทพฯ : อี.ที. พับลิชชิ่ง จำกัด.
- เจริญวัฒน์ ภูวนันท์ ปรีชญา มัทธนนที และ ดร.ณิ มงคลสวัสดิ์. 2547. การประเมินผลบ้านโครงสร้างเหล็ก#5 (งานสถาปนิก' 47 เมืองทองธานี). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย.
- ปรีชญา มัทธนนที และคณะ. โครงการศึกษาประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของบ้านโครงสร้างเหล็กและโครงสร้างไม้ที่พัฒนาขึ้นใช้ในประเทศไทย รายงานวิจัยเสนอสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (ทุนพัฒนาศักยภาพนักวิจัยรุ่นใหม่ ของ สกว.ร่วมกับสภาวิจัย และ เจริญวัฒน์ ภูวนันท์ เป็นเมธีวิจัย)
- มณฑิราลักษณ์ ติจลลาด และคณะ. 2550. การศึกษาและออกแบบบ้านพักอาศัยโดยใช้โครงสร้างและแผ่นผนังสำเร็จรูปที่มีน้ำหนักเบาในการก่อสร้าง. รายงานวิจัยเสนอสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร (ทุนวิจัยนักศึกษา และ รศ.เจริญวัฒน์ ภูวนันท์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ)
- ชาวลิต เอี่ยมศิริ และคณะ. 2543. การศึกษาวัสดุและระบบการก่อสร้างด้วยโฟมเพื่อใช้ในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน. รายงานวิจัย เสนอ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. (โครงการทุนอุดหนุนการวิจัยแก่นักศึกษาระดับอุดมศึกษา ระดับปริญญาตรี ปี 2543 และ รศ. เจริญวัฒน์ ภูวนันท์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ)

ที่มาของภาพ

ภาพประกอบในบทความนี้ทั้งหมดเขียนขึ้นโดยคณะวิจัยเพื่อใช้ประกอบรายงานวิจัยตามที่ได้อ้างอิง และบทความวิชาการที่เคยพิมพ์เผยแพร่ไว้ก่อนหน้านี้แล้ว