บทที่ 10
บทสรุป และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. บทสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และออกแบบผนังโฟมสำเร็จรูปที่ใช้เป็นแบบหล่อคอนกรีตได้ในตัว (Insulating Concrete Form หรือ ICF) และระบบการก่อสร้างที่ประยุกต์ขึ้นใช้สำหรับอาคารพักอาศัยในประเทศไทย ศึกษาประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน และราคาค่าก่อสร้างของบ้านตัวอย่างที่ออกแบบขึ้นจากระบบการก่อสร้างดังกล่าว รวมทั้งศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการใช้โฟม PVC แทน EPS เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมที่สามารถนำไปปรับใช้ในโครงการก่อสร้างจริงได้ต่อไป

วิธีการศึกษาและการวิเคราะห์ผล สรุปได้ ดังนี้

1) ศึกษาผลิตภัณฑ์และระบบการก่อสร้าง ICF (Insulating Concrete Form) ของต่างประเทศ จากข้อมูลเอกสารของผู้ผลิตหรือผู้ก่อสร้าง และผลงานวิชาการหรือผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) ออกแบบผนังโฟมสำเร็จรูปที่ใช้เป็นแบบหล่อคอนกรีตได้ในตัว (Insulating Concrete Form) เพื่อใช้สำหรับอาคารพักอาศัยในประเทศไทย โดยใช้ผลการวิเคราะห์และการคำนวณของวิศวกรโครงสร้าง และผลการวิเคราะห์ด้านพลังงานมาใช้ประกอบการพิจารณารูปแบบของชิ้นส่วนประกอบผนังด้วย

3) ศึกษาทดลองสูตรโฟม PVC และคุณสมบัติเบื้องต้น ซึ่งอาจนำมาใช้เพื่อการผลิตผนัง ICF แทนโฟม EPS ได้ในอนาคต

4) ทำการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของชิ้นส่วนประกอบผนัง ICF ที่ออกแบบขึ้นในห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบผลกับการคำนวณตามทฤษฎีโครงสร้าง

5) ออกแบบบ้านตัวอย่างขึ้น 2 หลัง โดยใช้ชิ้นส่วนประกอบผนังและระบบการก่อสร้างที่ออกแบบหรือประยุกต์ขึ้นใช้ คำนวณโครงสร้าง เขียนแบบก่อสร้าง และประมาณราคาค่าก่อสร้างบ้าน

6) วิเคราะห์ค่าพลังงานของบ้านทั้งสองหลัง โดยใช้โปรแกรม EnergyPlus และคำนวณค่าไฟฟ้าเปรียบเทียบกับบ้านที่ใช้ระบบการก่อสร้างทั่วไป (โครงสร้างคอนกรีต และผนังก่ออิฐฉาบปูน) ผลการประหยัดพลังงาน และระยะเวลาการคืนทุน

นำผลที่ได้มาทบทวนและปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์ และระบบการก่อสร้าง แล้วจึงสรุปผลเพื่อการพัฒนาหรือนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ผลที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1.1 ผลิตภัณฑ์ ICF ของต่างประเทศ และระบบที่เลือกนำมาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย

ผนังโฟมสำเร็จรูปที่ใช้เป็นแบบหล่อคอนกรีตได้ในตัว (ICF) ได้ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศเยอรมันนี ประมาณช่วงปีค.ศ. 1950 ปัจจุบันนิยมใช้ในทวีปยุโรปและอเมริกาเหนือ โดยมีผู้ผลิตและได้รับสิทธิบัตรจำนวนมาก ซึ่งสามารถแบ่งตามรูปลักษณะและขนาดของผนังโฟมสำเร็จรูปได้เป็น 3 ระบบหลัก ได้แก่ แผ่นขนาดใหญ่ (Panel system) แผ่นยาว (Plank system) และ บล็อก (Block system) แต่ถ้าแบ่งตามรูปแบบของช่องกลวงของผนังโฟมหรือโครงสร้างคอนกรีตที่ซ่อนอยู่ภายในผนัง จะแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบเช่นกัน ได้แก่ แบบแบนราบ (Flat) แบบตาราง (Grid) และ แบบเสาและคาน (Post-and-beam)

ในประเทศไทยยังไม่พบว่าได้มีการจดสิทธิบัตรและอนุสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับระบบผนังโฟมสำเร็จรูปที่ใช้เป็นแบบหล่อคอนกรีตได้ในตัวแต่อย่างใด เคยมีผู้สนใจนำเข้าผลิตภัณฑ์ ICF มาจำหน่ายบ้างแล้ว แต่ผลิตภัณฑ์ของต่างประเทศส่วนใหญ่มักมีรูปแบบหรือใช้อุปกรณ์ประกอบที่ซับซ้อน และผนังมีความหนามาก จึงมีราคาแพงมาก ไม่ประหยัดค่าก่อสร้างและแข่งขันกับระบบการก่อสร้างที่ใช้อยู่ทั่วไปในท้องตลาดได้ยาก ระบบ ICF ที่ผู้วิจัยพิจารณาเห็นว่าควรนำมาประยุกต์ใช้ในประเทศไทยนั้น คือ ระบบที่ใช้เป็นแผ่นผนังสำเร็จรูป (Panel system) โดยโครงสร้างคอนกรีตที่ซ่อนอยู่ภายในแผ่นโฟมจะทำหน้าที่รับน้ำหนัก เสมือนเป็นโครงคร่าว (Structural stud) หรือ เสาและคาน (Post-and-beam)

1.2 รูปแบบผนัง ICF ที่ออกแบบ และประยุกต์ขึ้นใช้

ผนัง ICF ที่ประยุกต์ใช้ในประเทศไทยเป็นระบบ Panel System ที่มีโครงสร้างคอนกรีตภายในเป็นระบบเสาและคานย่อย ผนังโฟมที่ถูกออกแบบให้ใช้เป็นแบบหล่อคอนกรีตได้ในตัวมีขนาดแผ่นมาตรฐาน 1.20x1.20x0.18 เมตร (ความกว้าง ความสูง และความหนา) มีช่องกลวงอยู่ภายใน ขนาด 0.12x0.12 เมตร @ 0.30 เมตร เพื่อให้สามารถเทคอนกรีตได้ทุกระยะ 0.60 หรือ 0.30 เมตร (จากศูนย์กลางถึงศูนย์กลาง) โฟม EPS ที่หุ้มคอนกรีตมีความหนา 3 ซม. โดยออกแบบให้มีขอบเว้าทั้ง 4 ด้าน เพื่อการเชื่อมต่อแผ่นด้วยคอนกรีต ส่วนผิวผนังโฟมทั้งสองด้านให้บุด้วยกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ (Fiber cement board) หนา 6 มม. ซึ่งสามารถเปลี่ยนไปใช้วัสดุบุผิวชนิดอื่นตามความต้องการเฉพาะโครงการได้ เช่น แผ่นโลหะเคลือบสี ฯลฯ

1.3 การศึกษาสูตร คุณสมบัติและความเป็นไปได้เบื้องต้นที่จะใช้โฟม PVC แทนโฟม EPS เพื่อการผลิตผนัง ICF

จากงานวิจัยเบื้องต้นนี้ พบว่า PVC foam ที่มีสูตรผสม PVC 100 phr, Plasticizer 20 phr, Ca-Zn St_2 3 phr, AZD 3 phr, Zeolite 5 phr และ PA 20 phr สภาวะของเครื่อง Twin

Screw extruder : 140, 150, 160, 175 °C ความเร็วรอบ 60 rpm มีการกระจายตัวของฟองอากาศใน PVC ที่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ดี PVC สูตร PVC 100 phr, Plasticizer 40 phr, Ca-Zn St_2 5 phr, AZD 15 phr และ PA 7 phr ผ่านการผสมด้วย Food Mixer และ สภาวะในการขึ้นรูปของเครื่อง Twin Screw Extruder อุณหภูมิ 160, 170, 180, 190 °C ความเร็วรอบ120 rpm จะสามารถให้ฟองอากาศที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และจะนำไปสู่การเป็นฉนวนความร้อนที่ดีได้ ดังนั้น ด้วยสูตรของ PVC Compound ในสูตรหลังนี้ หากทำการปรับสภาวะในการขึ้นรูปอีก จะสามารถทำให้เกิดการกระจายตัวของฟองอากาศได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม กระบวนการอัดรีดและรูปแบบของหัวขึ้นรูปที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการขึ้นรูปนั้น การใช้หัวขึ้นรูปแบบปลายเปิด (เหมือนที่มีใช้อยู่ในห้องปฏิบัติการ) ทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปหรือจัดรูปของชิ้นงานโฟมให้มีรูปร่างที่แน่นอนได้ เพราะเมื่อพลาสติกหลอมและไหลออกจากหัวขึ้นรูป จะเกิดการฟูด้วยแรงดันจากฟองแก๊สที่เกิดจากการสลายตัวของสารที่ทำให้เกิดฟอง (Blowing agent) จึงไม่สามารถควบคุมรูปร่างได้ หากสามารถขึ้นรูปด้วยหัวขึ้นรูปที่มีการกำหนดขนาดของชิ้นงานโฟมได้ จะทำให้สามารถกำหนดให้ Extrudate มีรูปร่างตามต้องการได้ เนื่องจากโฟม PVC ที่ได้จากงานวิจัยนี้ยังไม่สามารถขึ้นรูปให้ได้รูปร่างที่ตรงตามมาตรฐานการทดสอบ จึงไม่สามารถนำไปทดสอบ Thermal Conductivity ได้

เมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่น (Density) และคุณสมบัติการต้านทานแรงอัด (Compressive strength) กับมาตรฐานของ ICF Technical Testing (November 2006) พบว่ามีค่าความต้านทานแรงอัดสูงกว่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ แต่ความหนาแน่นของโฟม PVC ยังมีค่าสูงมาก (มีผลให้ผนังมีน้ำหนัก และราคาแพงกว่าการใช้โฟม EPS โดยทั่วไป) ซึ่งสูตรที่ใช้ทดสอบนี้ไม่สามารถเพิ่มปริมาณของ AZD และ Plasticizer ให้มากขึ้นได้อีก เพราะจะทำให้โฟม PVC ที่ได้มีความยืดหยุ่น (Flexible) เกินไป และอาจทำให้กลายเป็นเซลล์เปิด (Open cell) หรือการลดปริมาณ PA ลง ก็จะทำให้โฟมมีลักษณะกลวงได้ ดังนั้นถ้าต้องการที่จะพัฒนาสูตรผสมให้ได้ค่าความหนาแน่นตามมาตรฐานของ ICF Technical Testing (November 2006) อาจต้องเปลี่ยนชนิดสารเติมแต่งที่ใช้ เปลี่ยนเทคนิคการขึ้นรูป หรือใช้เทคนิคที่มีความซับซ้อนในการควบคุมความหนาแน่น

1.4 การออกแบบบ้าน ระบบการก่อสร้าง และผลการประมาณราคาค่าก่อสร้าง

บ้านที่ออกแบบขึ้นเพื่อการศึกษา มีจำนวน 2 หลัง เป็นบ้านเดี่ยว ชั้นเดียว จำนวน 1 หลัง (เนื้อที่ใช้สอยรวมภายนอกและภายในอาคาร 174 ตารางเมตร) และเป็นบ้านเดี่ยวสองชั้นอีก 1 หลัง (เนื้อที่ใช้สอยรวมภายนอกและภายในอาคาร 248 ตารางเมตร) เป็นอาคารพักอาศัยสำหรับผู้ที่มีรายได้ปานกลางค่อนข้างสูงโดยทั่วไป ก่อสร้างในเขตกรุงเทพฯ ฐานรากและพื้นชั้นล่างเป็นโครงสร้างคอนกรีตเหมือนกับบ้านทั่วไป (คาน ค.ส.ล. และพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป) แต่ใช้ผนังโฟมสำเร็จรูป (ICF) ที่ออกแบบขึ้น เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักอาคารทั้งหลัง (ใช้ผนังทำหน้าที่เป็นทั้งแบบหล่อคอนกรีต ฉนวนกันความร้อน และบุผิวสำเร็จได้ในตัวด้วย) ส่วนพื้นชั้น 2

ออกแบบให้ใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปหรือหล่อในที่เพื่อบุผิวสำเร็จได้โดยทั่วไป โครงหลังคาใช้เหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น และมุงด้วยกระเบื้องซีเมนต์เคลือบสี ส่วนงานระบบไฟฟ้า ประปา และสุขาภิบาล รวมทั้งวัสดุตกแต่งทางสถาปัตยกรรม ถูกออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานการก่อสร้างของบ้านพักอาศัยโดยทั่วไป เพื่อให้สามารถศึกษาผลเปรียบเทียบกับผนังและระบบการก่อสร้างบ้านโดยทั่วไปได้

ผลจากการประมาณราคาของแบบบ้านที่ออกแบบขึ้นศึกษานั้น บ้าน ICF ชั้นเดียวมีค่าก่อสร้างประมาณ 1,950,300 บาท หรือ เฉลี่ยประมาณ 11,200 บาท/ตารางเมตร โดยมีสัดส่วนราคาของงานสถาปัตยกรรมประมาณ 54.3% งานโครงสร้าง 33.4% และงานไฟฟ้ารวมกับงานสุขาภิบาล 12.3% เมื่อเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างเฉลี่ยของบ้าน ICF กับบ้านทั่วไป (โครงสร้างคอนกรีต และผนังวัสดุก่อ) ซึ่งตกประมาณ 11,000 บาท/ตารางเมตร บ้าน ICF ชั้นเดียวจะมีค่าก่อสร้างใกล้เคียงกับบ้านทั่วไปมาก ส่วนบ้าน ICF สองชั้นจะมีค่าก่อสร้างประมาณ 2,936,400 บาท หรือ เฉลี่ยประมาณ 11,800 บาท/ตารางเมตร ซึ่งแพงกว่าบ้านทั่วไปเพียงเล็กน้อย โดยมีสัดส่วนราคาของงานสถาปัตยกรรมประมาณ 57.1% งานโครงสร้าง 33.3% และงานไฟฟ้ารวมกับงานสุขาภิบาล 9.6%

ทั้งนี้ได้ประมาณราคาเฉลี่ยเบื้องต้นของผนัง ICF ที่ออกแบบขึ้น 760 บาท/ตารางเมตร (ประกอบขึ้นใช้เฉพาะโครงการ) ซึ่งมีราคาแพงกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนโดยทั่วไป แต่สามารถลดงานโครงสร้าง (เสา/คาน) ไม้แบบหรือโครงสร้างชั่วคราว และใช้ผนังที่มีฉนวนกันความร้อนและทำผิวสำเร็จรูปได้ในตัวแทนผนังก่ออิฐทั้งหลัง จึงให้ความสะดวกในการก่อสร้าง และสร้างได้รวดเร็วกว่า

1.5 ผลการวิเคราะห์พลังงาน ค่าไฟฟ้า และระยะเวลาคืนทุนของบ้าน ICF

จากการศึกษาและวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของบ้าน ICF ที่ออกแบบขึ้น โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยมีอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ และช่วงเวลาการใช้งานตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ พบว่า สำหรับแบบบ้าน ICF ชั้นเดียว ในกรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศตามปกติ (ช่วงกลางคืนเป็นส่วนใหญ่) จะใช้พลังงานไฟฟ้าปีละ 7,603 กิโลวัตต์ชั่วโมง ส่วนบ้านทั่วไป (ชั้นเดียว) ที่มีแบบแปลนและเงื่อนไขการใช้งานเหมือนกัน จะใช้พลังงานไฟฟ้าปีละ 8,207 กิโลวัตต์ชั่วโมง แต่ในกรณีที่เปิดใช้เครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง บ้าน ICF ชั้นเดียว จะใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้นปีละ 12,438 กิโลวัตต์ชั่วโมง ในขณะที่บ้านทั่วไป (ชั้นเดียว) จะใช้พลังงานไฟฟ้าปีละ 13,543 กิโลวัตต์ชั่วโมง ส่วนแบบบ้าน ICF สองชั้นนั้น ในกรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศตามปกติ (ช่วงกลางคืนเป็นส่วนใหญ่) จะใช้พลังงานไฟฟ้าปีละ 9,534 กิโลวัตต์ชั่วโมง ส่วนบ้านทั่วไป (สองชั้น) จะใช้พลังงานไฟฟ้าปีละ 10,133 กิโลวัตต์ชั่วโมง แต่ในกรณีที่เปิดใช้เครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง บ้าน ICF สองชั้น จะใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้นปีละ 14,892 กิโลวัตต์ชั่วโมง ในขณะที่บ้านทั่วไป (สองชั้น) จะใช้พลังงานไฟฟ้าปีละ 16,363 กิโลวัตต์ชั่วโมง

ผลการศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างบ้าน ICF (ชั้นเดียวและบ้านสองชั้น) กับบ้านทั่วไป สรุปได้ว่า

1) กรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ เมื่อเทียบกับบ้านทั่วไป บ้านชั้นเดียวและบ้านสองชั้นที่เป็นบ้านแบบ ICF ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อปีได้ 7.4 % และ 5.9 % ตามลำดับ แต่เนื่องจากบ้าน ICF ชั้นเดียว และสองชั้น มีค่าก่อสร้างสูงกว่าบ้านทั่วไป (1.94% และ 7.6%) จึงคำนวณระยะเวลาในการคืนทุนได้ 16 และ 88 ปี ตามลำดับ

2) กรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างบ้านที่ใช้ผนัง ICF ที่ออกแบบขึ้นและเลือกใช้เป็นต้นแบบ กับบ้านที่ใช้ผนัง ICF แบบอื่นๆ ที่ออกแบบขึ้น พบว่ามีค่าการใช้พลังงานที่แตกต่างกันน้อยมาก คือไม่เกิน 5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ทั้งในกรณีของบ้านชั้นเดียวและบ้านสองชั้น

3) กรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างบ้านที่ใช้ผนัง ICF กับบ้านที่ใช้ระบบผนังแบบอื่นที่เคยศึกษาไว้ในโครงการอื่น ได้แก่ ผนังโครงคร่าวไม้ ผนังโครงคร่าวเหล็ก และ ผนัง SIP พบว่าบ้านที่ใช้ผนังโครงคร่าวเหล็กจะใช้พลังงานน้อยที่สุด โดยบ้านชั้นเดียวและบ้านสองชั้นที่ใช้ผนังโครงคร่าวเหล็ก จะมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต่ำกว่าบ้านที่ใช้ผนัง ICF ประมาณ 53 และ 134 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ตามลำดับ

4) กรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับบ้านทั่วไป บ้านชั้นเดียวและบ้านสองชั้นที่เป็นบ้านแบบ ICF ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อปีได้ 8.2% และ 9.0% ตามลำดับ โดยมีระยะเวลาในการคืนทุน 9 ปี และ 36 ปี ตามลำดับ ซึ่งสามารถคืนทุนได้เร็วกว่ากรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ

1.6 ความเป็นไปได้เบื้องต้นในการนำไปใช้งาน หรือการผลิตทางอุตสาหกรรม

ผนังและระบบการก่อสร้าง ICF ที่ออกแบบและประยุกต์ขึ้นใช้กับบ้านพักอาศัยนั้น สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้จริง เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านที่ก่อสร้างทั่วไป แต่ยังประหยัดได้น้อย (7% - 9%) เมื่อเปรียบเทียบกับราคาค่าก่อสร้างที่แพงขึ้น (6% - 7.6%) ซึ่งเป็นยอดเงินที่สูงกว่า แต่มีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาใช้เป็นระบบการก่อสร้างทางเลือกได้ เนื่องจากราคาค่าก่อสร้างเฉลี่ยของบ้าน ICF แตกต่างจากบ้านทั่วไปไม่มากนัก (ต่ำกว่า 10%)

ผนังและระบบการก่อสร้าง ICF มีแนวโน้มที่จะประหยัดพลังงานได้เพิ่มขึ้น ถ้านำไปใช้กับอาคารที่มีภาระเครื่องปรับอากาศมาก หรือใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ส่วนราคาค่าก่อสร้างอาจลดลงได้ ถ้าสามารถออกแบบอาคารให้มีรูปแบบเรียบง่ายและประสานกับระบบก่อสร้างได้ดีขึ้น ICF เป็นระบบการก่อสร้างที่มีน้ำหนักเบา ก่อสร้างได้รวดเร็วขึ้น ช่างสามารถปรับหรือตัดแต่งชิ้นส่วนประกอบอาคาร และเดินท่อหรือฝังอุปกรณ์ไว้ในผนังได้สะดวก อีกทั้งประเทศไทยมีอุตสาหกรรมโฟมและ SIP (Sandwich insulated panel) รองรับอยู่ในระดับหนึ่งแล้ว จึงมีโอกาสที่จะพัฒนาต่อไปให้เป็นระบบก่อสร้างทางเลือกได้ โดยใช้สนองความต้องการของตลาดบ้านหรืออาคารที่มีความต้องการเฉพาะ (Niche market) ซึ่งระบบ ICF จะมีความแข็งแรงและความ

ปลอดภัยทางโครงสร้างสูงกว่าระบบ SIP ในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ (มีโครงสร้างคอนกรีตซ่อนอยู่ในผนัง) อย่างไรก็ตาม ICF มีข้อจำกัดหรือข้อเสียเปรียบระบบการก่อสร้างทั่วไปในด้านอายุการใช้งานของอาคารโดยรวม หรือความคงทนของวัสดุที่ใช้ (โฟมและวัสดุบุผิว) จึงต้องการการบำรุงรักษาเพิ่มขึ้น

2. ข้อแนะนำในการนำผลงานวิจัยไปใช้

ผนัง ICF ที่ออกแบบขึ้นใช้ในโครงการนี้ มีความยืดหยุ่นในการเลือกใช้วัสดุที่มีอยู่ในท้องตลาด เพื่อความอิสระของผู้ผลิตและผู้ออกแบบให้ได้ผนังที่มีคุณสมบัติและต้นทุนการผลิตตามต้องการ (เช่น อาจใช้ชนิดโฟม หรือวัสดุแผ่นที่หุ้มภายนอกที่แตกต่างกันได้ ตามข้อจำกัดของแต่ละโครงการ) รวมทั้งระยะห่างของคอนกรีตที่เทในช่องผนัง (Concrete stud) และการทำผิวสำเร็จผนังในสถานที่ก่อสร้าง ฯลฯ

1) ระบบผนัง ICF ที่ออกแบบขึ้น ถ้าใช้แผ่นโลหะเคลือบสีบุผิวภายนอกผนังโฟมแทนแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ดโดยผลิตสำเร็จรูปจากโรงงาน จะสามารถใช้แทนผนัง Metal Claddings หรือ ACM (Aluminum composite material) ได้ดี และอาจประหยัดค่าก่อสร้างหรือค่าพลังงานได้มากกว่า ถ้าพิจารณาระบบผนังและโครงสร้างอาคารโดยรวม (อาคารสูง 1-3 ชั้น)

2) เพื่อให้สามารถใช้ชิ้นส่วนผนังได้ลงตัว และประหยัดค่าก่อสร้าง ควรออกแบบอาคารให้มีรูปแบบ ขนาดและความสูง หรือระยะต่างๆ ของอาคาร ที่สอดคล้องกับขนาดของชิ้นส่วนประกอบ หรือระบบประสานทางพิกัด ตามแนวคิดของการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม

3) ถ้าต้องการให้บ้าน ICF สามารถประหยัดพลังงานได้สูงขึ้นอีก ต้องนำหลักการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานอื่นๆ หรือการควบคุมพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร มาใช้ประกอบการออกแบบ และการจัดการการใช้อาคารควบคู่กันไปด้วย เช่น การกันแดดให้กับช่องเปิดหรือตัวอาคาร และการระบายความร้อนที่สะสมภายในอาคารออกไปก่อนที่จะเปิดเครื่องปรับอากาศ ฯลฯ แต่จะมีผลให้ราคาค่าก่อสร้างเพิ่มสูงขึ้นได้ด้วยเช่นกัน

4) ผนังและระบบการก่อสร้าง ICF ควรนำไปประยุกต์หรือพัฒนาต่อเพื่อนำไปใช้กับอาคารประเภทอื่นที่มีภาระเครื่องปรับอากาศมากๆ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะช่วยให้ประหยัดพลังงานหรือคืนทุนได้เร็วกว่าบ้านพักอาศัย เช่น ร้านค้าสะดวกซื้อ Home Office และ Low-rise Luxury Condo หรือ Resort Hotel ฯลฯ

5) ควรมีการทดสอบระบบผนัง ICF ที่ออกแบบขึ้น โดยการทดลองก่อสร้างจริง ซึ่งอาจเริ่มจากบ้านหรืออาคารขนาดเล็กที่มีรูปแบบเรียบง่าย เพื่อใช้ศึกษาปัญหาการติดตั้งหรือพิสูจน์ผลการใช้งาน และการสร้างความคุ้นเคยให้กับคนทั่วไปก่อนที่นำไปใช้ในโครงการจริง

3. ข้อสังเกต และคำวิจารณ์ผลวิจัย

1) การทดสอบกำลังวัสดุของผนัง ICF ในห้องปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษาเพียงเพื่อนำผลมาเทียบเคียงกับทฤษฎีทางโครงสร้าง (คอนกรีตที่อยู่ในผนังโฟม ICF) และใช้ประกอบการคำนวณโครงสร้างอาคารเท่านั้น การวิเคราะห์ทางโครงสร้างจึงใช้ผลการคำนวณของวิศวกรเป็นสำคัญ

2) การศึกษาพลังงานของบ้านในโครงการนี้ เป็นการพิสูจน์ผลอันสืบเนื่องมาจากการใช้วัสดุ ICF เป็นผนังอาคารตามระบบก่อสร้างที่ประยุกต์ขึ้นใช้เป็นสำคัญ โดยไม่ได้ศึกษาหรือเน้นการออกแบบบ้านให้ประหยัดพลังงานด้วยวิธีการอื่น (เช่น การเปลี่ยนชนิดกระจกหรือใช้กระจก 2 ชั้น การเพิ่มแผงกันแดด และยื่นชายคายาวเป็นพิเศษ ฯลฯ) อีกทั้งไม่ได้นำค่ามวลสารในตัวอาคาร (เฟอร์นิเจอร์) และวิธีการระบายอากาศร้อนที่สะสมออกจากตัวอาคารในช่วงที่ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศมาใช้ประกอบในการคำนวณหาค่าพลังงานในอาคารแต่อย่างใด ผลการประหยัดพลังงานของบ้าน ICF จึงต่ำและไม่จูงใจเท่าที่ควร

3) การทดลองสูตรโฟม PVC เพื่อใช้แทนโฟม EPS หรือ โฟม PU ในการผลิตผนัง ICF ถึงแม้จะยังไม่บรรลุผล แต่ควรทำการศึกษาต่อไป เพราะในประเทศไทยเม็ดพลาสติก PVC มีราคาถูก และโฟมที่ได้จะมีคุณสมบัติเชิงกลสูงกว่า ซึ่งจะต้องทำการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาการขึ้นรูป และทำให้โฟมมีความหนาแน่นลดลงต่อไป

4) ผลการศึกษานี้ เป็นการออกแบบ และกรณีศึกษาหนึ่งเท่านั้น จึงควรทำการศึกษาในรายละเอียดเพิ่มเติม และเปรียบเทียบผลกับกรณีศึกษาอื่นๆ ได้ต่อไปในอนาคต