

บทความพิเศษ

การประยุกต์ Insulating Concrete Forms (ICFs) เพื่อการใช้งานในประเทศไทย Insulating Concrete Forms (ICFs) and Applications for Housing Construction in Thailand

จรัญพัฒน์ ภูวนนท์¹
Charunpat Puvanant

บทคัดย่อ

บทความนี้ ได้กล่าวถึงรูปแบบ และระบบผนัง Insulating Concrete Forms (ICFs) ในต่างประเทศ ที่พัฒนาขึ้น เพื่อช่วยให้ประหยัดพลังงานในอาคาร โดยเสนอแนะ ตั้งข้อสังเกต และให้แนวคิดหรือแนวทาง ในการพัฒนา ออกแบบ และประยุกต์ ICFs สำหรับการก่อสร้างอาคารพักอาศัยในประเทศไทย เพื่อให้มีประสิทธิภาพคุ้มค่ากว่าการนำเข้าผลิตภัณฑ์ต่างประเศมาใช้โดยตรง ซึ่งในประเทศไทยยังมีประเด็นวิจัยที่ควรทำการศึกษาอีกมาก เพื่อบรรณาการ ให้ได้ผลวิจัยที่ใช้งานได้กับโครงการก่อสร้างจริง โดยผู้ผลิตหรือกลุ่มอุตสาหกรรมโฟมในประเทศควรมีหน้าที่ หรือส่วนร่วมโดยตรง ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (R&D) ของตน หรือสนับสนุนให้เกิดนวัตกรรมก่อสร้างในประเทศ เพื่อเตรียมรองรับการขยายตัวของตลาดธุรกิจสังหาริมทรัพย์ ที่จะเฟื่องฟูขึ้นอีก ตามวัฏจักรของเศรษฐกิจในอนาคต

คำสำคัญ: 1. ผนังโฟมสำเร็จรูป. 2. แบบหล่อถาวร. 3. ระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป. 4. บ้านประหยัดพลังงาน.

Abstract

This article comments on the models and systems of Insulating Concrete Forms (ICFs) developed for energy-savings buildings in foreign countries. Some suggestion, remarks, and conceptual guidelines are provided for further development in which ICFs can be used for residential construction in Thailand. Basically, the ICFs applications is more efficient than using products imported from other countries. There are, however, several issues about ICFs products that needs to be studied further. Results from studies can sever as a basis for a real construction project. The manufacturers and foam industry groups should directly take responsibility and collaborate in R & D of their products and encourage alternative construction innovation. Well preparation is needed for suppliers and builders to compete in real estate business as it usually takes place in an economic cycle.

Keywords: 1. Insulating wall panel. 2. Permanent formwork. 3. Hybrid construction. 4. Green building

¹ ศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วังท่าพระ

เกริ่นนำ

Insulating Concrete Forms หรือ ICFs ถูกพัฒนาขึ้นใช้งานครั้งแรกในประเทศเยอรมัน ช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 (ค.ศ.1950-60) โดยสืบเนื่องจากมีอุตสาหกรรมพลาสติกโฟมสมัยใหม่เกิดขึ้น ได้มีการยื่นขอสิทธิบัตร ICFs ครั้งแรก ใน ค.ศ.1966 โดยผู้ก่อสร้าง Werner Gregori ชาวแคนาดา หลัง ค.ศ. 1970 ICFs เป็นที่รู้จัก และใช้งานในกลุ่มประเทศอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในทวีปอเมริกาเหนือ ยุโรป และสหราชอาณาจักร ปัจจุบันได้มีการจดสิทธิบัตรในประเทศดังกล่าวรวมกันไม่น้อยกว่า 70 ราย NAHB (National Association of Home Builders) ในประเทศสหรัฐอเมริกาเคยให้ข้อมูลว่า ใน ค.ศ. 2002 มีบ้านพักอาศัยที่ก่อสร้างด้วย ICFs จำนวนประมาณ 48,000 หลัง และอาคารธุรกิจ 10,000-15,000 หลัง หลังจากปีนั้น ยอดขายได้เพิ่มขึ้นประมาณ 30% ทุกปี (Panushev and Vanderwerf 2004A : 14) เมื่อสังคมโลกให้ความสำคัญกับวัสดุและระบบการก่อสร้างที่ประหยัดพลังงาน หรือการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ นโยบายพัฒนาที่อยู่อาศัยของรัฐ ข้อกำหนดทางกฎหมายหรือมาตรฐานการก่อสร้าง และเงื่อนไขของธุรกิจพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ มีส่วนสำคัญที่ทำให้ ICFs เป็นที่ยอมรับของตลาดเพิ่มขึ้น และถูกนำไปสร้างในภูมิภาคที่มีอากาศร้อน หรือร้อนชื้นด้วยเช่นกัน

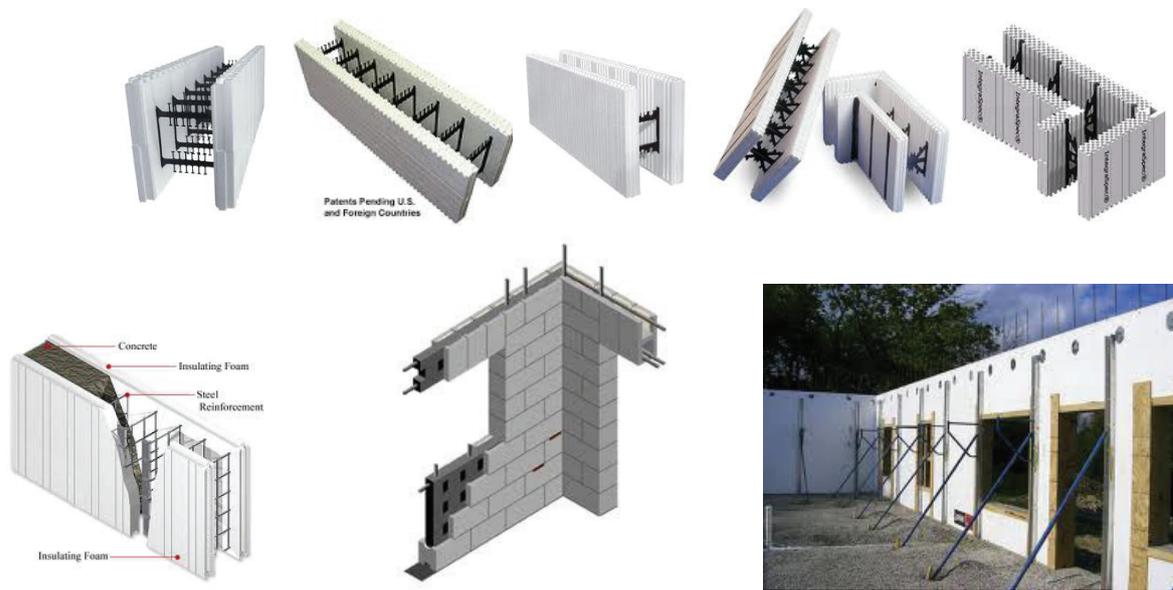
วัสดุและระบบการก่อสร้างที่นำเข้ามาจากประเทศอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ มักมีปัญหาด้านราคา และความเหมาะสมในการใช้งาน เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบหรือผลิตขึ้นเพื่อแก้ปัญหาในประเทศต้นแบบ และอิงอยู่กับกฎหมาย หรือมาตรฐานการก่อสร้างของประเทศอุตสาหกรรมเป็นสำคัญ อีกทั้งการลงทุนทำการตลาด หรือตั้งโรงงานประกอบในประเทศไทย เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่ง ที่จะช่วยเพิ่มโอกาสแข่งขันกับวัสดุหรือระบบการก่อสร้างที่นิยมอยู่เดิมได้อย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตามประเทศไทยมีอุตสาหกรรมซีเมนต์และคนไทยมีความคุ้นเคยกับงานคอนกรีตมาช้านาน ประกอบกับปัจจุบันอุตสาหกรรมโฟมในประเทศได้พัฒนา และผลิตผนังโฟมสำเร็จรูปเพื่อการส่งออกได้

นานแล้ว จึงควรพัฒนาผลิตภัณฑ์ และประยุกต์ระบบการก่อสร้าง ICFs ขึ้นใช้เองได้ ซึ่งถ้ามีการลงทุนพัฒนาให้ใช้งานได้หลากหลาย และทำการตลาดที่ต่อเนื่องระยะยาว ก็อาจใช้เป็นระบบการก่อสร้างทางเลือกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและช่วยประหยัดพลังงานในอาคารบางประเภท หรือในตลาดประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนได้เช่นกัน

องค์ประกอบของผนัง Insulating Concrete Forms (ICFs)

ICFs เป็นระบบการก่อสร้างผนังคอนกรีตชนิดหล่อในที่ โดยใช้โฟมเป็นแบบหล่อถาวรของผนังคอนกรีต มีองค์ประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ แบบหล่อคอนกรีตที่ผลิตขึ้นจากฉนวนหรือโฟมชนิดแข็ง (Rigid foam) เพื่อทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนให้กับผนังได้ในตัว อีกส่วนหนึ่ง คือ คอนกรีตที่ซ่อนอยู่ภายในแบบหล่อถาวร (โฟม) ซึ่งทำหน้าที่รับแรงทางโครงสร้างหรือเป็นผนังรับน้ำหนักนั่นเอง ความหนาของโฟมที่หุ้มคอนกรีตจึงมีผลโดยตรงต่อค่าความต้านทานความร้อนของผนัง ส่วนความหนาของผนังคอนกรีต จะมีผลต่อความแข็งแรงหรือการรับแรงทางโครงสร้างโดยตรง ซึ่งมวลคอนกรีตจะมีผลต่อความสามารถในการกักเก็บ (Thermal mass) หน่วง (Time lag) และถ่ายเทความร้อนของผนังด้วย จึงอาจออกแบบชั้นส่วนผนัง ICFs ให้มีความหนาของโฟมและมีสัดส่วนของมวลคอนกรีตมากหรือน้อย ได้ตามความเหมาะสมกับภูมิอากาศในแต่ละภูมิภาค ซึ่งสามารถศึกษา วิเคราะห์ และพิสูจน์ผลได้ทั้งในขั้นตอนการออกแบบ และการใช้อาคาร ทั้งในระยะสั้นหรือระยะยาวได้เช่นกัน โดยอาจออกแบบให้มีมาตรฐานอาคารที่แตกต่างกันได้ ตามประเภทอาคารงบประมาณ และข้อจำกัดในแต่ละโครงการ หรือภูมิภาคต่างๆ

เพื่อให้ใช้ ICFs ทำหน้าที่เป็นผนังอาคารที่สมบูรณ์ จึงต้องมีวัสดุแผ่นปิดหุ้มโฟมทั้ง 2 ด้าน เพื่อใช้เป็นผิวสำเร็จของผนัง หรือใช้รองรับการทำผิวปูนฉาบ และวัสดุตกแต่งผิวสำเร็จอื่นๆ ที่อาจนำมากรุทับให้สวยงามได้ตามที่ต้องการ



รูปที่ 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ICFs ของต่างประเทศ (รูปออนไลน์จากเว็บไซต์ของผู้ผลิต)

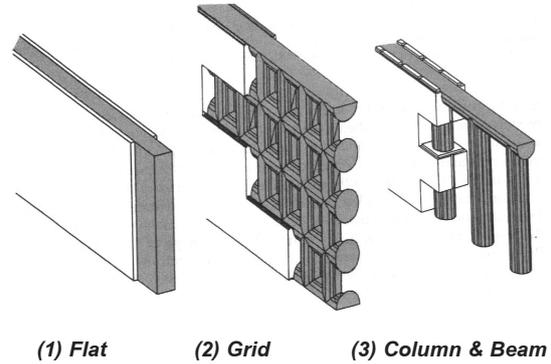
รูปแบบและระบบของ Insulating Concrete Forms (ICFs)

ในต่างประเทศได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ ICFs ให้มีรูปแบบหลากหลายชนิด เพื่อความสะดวกในการก่อสร้าง และความเหมาะสมในการใช้งาน หรือตามประเภทอาคาร โดยได้ให้ความสำคัญกับ 1) ขนาดของชิ้นส่วนผนัง ICFs หรือแบบหล่อที่ผลิตขึ้นจากโฟม 2) รูปแบบของช่องกลวงภายในที่ใช้หล่อโครงสร้างคอนกรีต และ 3) รูปแบบหรืออุปกรณ์ที่ใช้ยึดตัวสตรูคจุ่มหนึ่งให้ติดกับ ICFs หรือแผ่นโฟมทั้ง 2 ด้าน (VanderWerf and Munsell 1995 : 1-5) ซึ่งแบ่งออกได้เป็นหลายระบบ และมีลักษณะ และข้อจำกัดในการใช้งานแตกต่างกัน สรุปได้ดังนี้

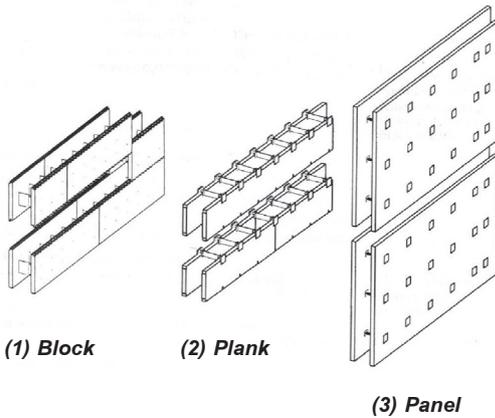
1. หากแบ่งกลุ่ม ICFs ตามขนาดชิ้นส่วนที่ผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบ ได้แก่ ระบบบล็อก (Block system) ระบบแผ่นยาว (Plank system) และระบบแผ่นขนาดใหญ่ (Panel system) ทุกระบบอาจออกแบบให้มีลักษณะเป็นแผ่นโฟมที่วางขนานกัน 2 แผ่น โดยมีอุปกรณ์ยึดบังคับโฟมให้มีช่องว่างสำหรับเทคอนกรีตตามความหนาที่ต้องการได้ หรืออาจออกแบบ ICFs ให้เป็นโฟมหนา (ก้อน แท่ง หรือแผ่น) ที่มีช่องกลวงอยู่ภายในสำหรับใช้เทคอนกรีตได้

- 1.) ระบบบล็อก (Block system) มีขนาดใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อก (เช่น 0.40 x 0.20 หรือ 0.60 x 0.30 เมตร ฯลฯ) ที่ขอบบล็อกมักมีเดือยหรือร่องบังคับเพื่อให้ติดตั้งได้สะดวก คล้ายตัวของเด็กเล่น (Lego block) การก่อสร้างมีลักษณะเช่นเดียวกับการก่อคอนกรีตบล็อกที่ใช้ในงานก่อสร้างโดยทั่วไป ICFs จึงเป็นแบบหล่อคอนกรีตและชิ้นส่วนผนัง (Block) ที่มีน้ำหนักเบา เป็นฉนวนกันความร้อนได้ในตัว แต่มีขนาดเล็ก สามารถประกอบหรือติดตั้งได้สะดวก
- 2.) ระบบแผ่นยาว (Plank system) เป็นระบบที่ออกแบบให้ชิ้นส่วน (แผ่นโฟม) มีความยาวเพิ่มขึ้น เพื่อความรวดเร็วในการติดตั้งแบบหล่อ และช่วยลดรอยต่อลง ขนาดชิ้นส่วนจะใกล้เคียงกับฝ้าไม้หรือแผ่นไม้ (เช่น 1.20 x 0.30 เมตร ฯลฯ) จึงสามารถติดตั้งได้รวดเร็วกว่าระบบบล็อก
- 3.) ระบบแผ่นขนาดใหญ่ (Panel system) ออกแบบให้เป็นชิ้นส่วนขนาดใหญ่เพื่อให้ติดตั้งได้รวดเร็วเพิ่มขึ้นอีก โดยมีขนาด

ใกล้เคียงกับวัสดุแผ่นกรุผนัง (1.20 x 1.20 หรือ 2.40 x 1.20 เมตร ฯลฯ) ระบบนี้อาจจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ยึดและค้ำยันเพิ่มขึ้นด้วย เพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับแบบหล่อ (ICFs) ที่มีความสูงเพิ่มขึ้น คอนกรีตมีแรงดันมาก และเทคอนกรีตได้ยากขึ้น อาคารที่สูงหลายชั้น อาจต้องใช้นั่งร้านชั่วคราว หรือท่อส่งคอนกรีตเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน การขนส่งชิ้นส่วนประกอบ และการติดตั้งจะไม่สะดวกเท่ากับ 2 ระบบแรก



รูปที่ 3 ระบบ ICFs แบ่งตามรูปแบบของโครงสร้างคอนกรีต (VanderWerf and Munsell 1995 : 5)



รูปที่ 2 ระบบ ICFs แบ่งตามขนาดของแบบหล่อ (VanderWerf and Munsell 1995 : 4)

2. หากแบ่งกลุ่ม ICFs ตามรูปแบบของช่องหล่อ คอนกรีต หรือโครงสร้างภายในผนัง อาจแบ่งได้เป็น 3 ระบบ ได้แก่ (1) ผนังคอนกรีตแผ่นเรียบตัน (Flat) (2) เป็นโครงคอนกรีตรูปตาตาราง (Grid/Waffle) และ (3) เป็นโครงคอนกรีตแบบเสาและคาน (Post-and-beam) ทั้ง 3 ระบบนี้ จะทำให้ผนัง ICFs มีสัดส่วนของเนื้อคอนกรีตกับเนื้อโฟมที่แตกต่างกัน จึงมีผลโดยตรงกับความแข็งแรงของผนังหรือโครงสร้างคอนกรีตที่ซ่อนอยู่ภายใน และค่าความต้านทานความร้อนรวมของระบบผนังที่ขึ้นอยู่กับความหนาของโฟมและคอนกรีตเป็นสำคัญ

ระบบที่เป็นผนังคอนกรีตตันเหมาะที่จะใช้เป็นผนังห้องใต้ดิน เพื่อความแข็งแรง และสามารถกันน้ำหรือทำระบบกันความชื้นได้ดี ส่วนระบบเสาและคานใช้กับโครงสร้างเหนือดิน ซึ่งจะช่วยให้การเจาะช่องเปิดบนผนังสามารถทำได้ง่าย และประหยัด

3. ICFs ที่นำไปใช้ในงานก่อสร้างจริง เมื่อผนังหรือโครงสร้างคอนกรีตแข็งตัวดีแล้ว โดยปกติจำเป็นต้องใช้วัสดุแผ่น (Sheathing) ปิดหุ้มแบบหล่อหรือโฟม (ICFs) ทั้ง 2 ด้าน เพื่อป้องกันความเสียหายของโฟม และให้คงทนถาวร เช่น แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด แผ่นไม้อัด แผ่นยิบซัมบอร์ด และแผ่นโลหะเคลือบ ฯลฯ บางชนิดใช้เป็นผิวสำเร็จได้ในตัว แต่ถ้าต้องการวัสดุตกแต่งผิวสำเร็จชนิดอื่นที่สวยงามกว่า ก็ก่อ หรือกรุปิดเพิ่มขึ้นอีกชั้นหนึ่งก็ได้ เช่น อิฐโชว์แนว (Facing brick) ทำผิวปูนฉาบ หรือกรุด้วยฝาไม้จริง ไฟเบอร์ซีเมนต์ โลหะเคลือบ ฯลฯ จึงอาจแบ่งกลุ่ม ICFs ออกได้ตามระบบ (วิธีการหรืออุปกรณ์) การติดตั้งวัสดุผิวสำเร็จออกได้เป็น (1) ระบบที่ฝังโครงคร่าว พุก หรืออุปกรณ์ยึดไว้ในแบบหล่อคอนกรีต ฯลฯ เพื่อใช้รองรับ (Supporting) วัสดุแผ่นผิวสำเร็จ และสามารถยิงสกรู ตะปูหรืออุปกรณ์ชนิดอื่นให้วัสดุแผ่นกรุผนังหรือวัสดุผิวสำเร็จยึดติดกับ ICFs หรือคอนกรีตได้ถาวรยิ่งขึ้น (2) ระบบที่ใช้กาวยึดแผ่นวัสดุกรุผิวติดกับโฟมหรือผนัง ICFs โดยตรง ฯลฯ

ผลจากการพัฒนาและใช้งาน ICFs ในทวีปยุโรป และอเมริกาที่ผ่านมา 50 กว่าปีนั้น หน่วยงานที่รับผิดชอบ

ในการพัฒนาที่อยู่อาศัยในหลายประเทศได้ให้การยอมรับและส่งเสริมให้ใช้ ICFs ในโครงการพัฒนาที่อยู่อาศัย ควบคู่ไปกับระบบการก่อสร้างเดิมที่ใช้กันทั่วไป (Conventional systems) และระบบก่อสร้างทางเลือกอื่น ที่มุ่งพัฒนาแข่งขันกัน ทั้งในด้านประสิทธิภาพการใช้งาน การประหยัดพลังงานหรือการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ราคาค่าก่อสร้าง และการให้บริการ ได้แก่ Wood Frame หรือ Steel Frame (CFS) และ Structural Insulated Panels (SIPs) เป็นต้น ปัจจุบันจึงมีมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ICFs การออกแบบ และการก่อสร้างให้ผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้างสามารถนำไปใช้งานได้สะดวกขึ้น โดยมีการศึกษา และประเมินพิสูจน์ผลการใช้งานเพื่อการพัฒนาและแข่งขันในตลาด ซึ่งในประเทศเหล่านั้นมีผลงานวิจัยเผยแพร่ทั้งในวงการวิชาการและวิชาชีพ ให้ผู้สนใจศึกษารายละเอียด ความก้าวหน้า และใช้เปรียบเทียบกับวัสดุหรือระบบก่อสร้างอื่นๆ ได้

ข้อดีและข้อจำกัดของ ICFs และผลการใช้งานในต่างประเทศ

จุดเด่น และข้อจำกัดของ ICFs คือ คุณสมบัติเด่นของผนังหรือโครงสร้างคอนกรีตหล่อในที่ คุณสมบัติของฉนวนโฟม และระบบการก่อสร้างที่สำเร็จรูป ประเด็นสำคัญได้แก่

1. โครงสร้างมีความแข็งแรงสูง สามารถต้านทานแรงกระทำ และทนทานต่อภัยธรรมชาติ หรืออัคคีภัยได้ดี มีความคงทนถาวรสูง เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการก่อสร้างอื่นที่ใช้อยู่ทั่วไป โดยเฉพาะ Wood Frame หรือ Steel Frame และ Structural Insulated Panels (SIPs) ฯลฯ เนื่องจากผนัง ICFs มีโครงคอนกรีตซ่อนอยู่ภายใน และสามารถเพิ่มอัตราการทนไฟของผนังโฟมได้ โดยกรุหุ้มด้วยวัสดุแผ่นกันไฟ หรือพันทับด้วยวัสดุกันไฟได้ตามมาตรฐานที่ต้องการ

2. ICFs มีประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน และการป้องกันเสียงได้ดีมาก เนื่องจากเป็นผนังตันที่มีฉนวนโฟมหุ้มต่อเนื่องทุกส่วนอาคาร ไม่มีปัญหา Thermal Bridges การก่อสร้างทั้งระบบมีรอยต่อหรือรูรั่วซึมน้อย จึงช่วยลดการรั่วซึมของอากาศ (Infiltration) และความชื้นได้ดี ผนังมีค่าความต้านทานความร้อนสูง

(R-value เกินกว่า 3 K·m²/W หรือประมาณ R-17 ในประเทศสหรัฐอเมริกา) ในภูมิภาคที่อุณหภูมิภายในกับภายนอกอาคารมีความแตกต่างกันมากในช่วงกลางวันกับกลางคืน มวลคอนกรีต (Thermal mass) อาจช่วยให้ประหยัดพลังงานได้ดีขึ้น (Passive design) ผนัง ICFs ที่มีความหนาตามมาตรฐานมีค่า Sound Transmission Coefficients (STC) ระหว่าง 46 - 50 เมื่อเทียบกับค่า 36 ของผนังยิปซัมบอร์ดที่มีฉนวน Fiberglass ตามมาตรฐาน (Panushev and Vanderwerf 2004A : 17)

3. เป็นระบบการก่อสร้างที่สำเร็จรูป โดยเฉพาะส่วนของผนัง ซึ่งใช้โฟมเป็นฉนวนและแบบหล่อถาวรผลิตสำเร็จรูปมาจากโรงงาน จึงช่วยลดขั้นตอน และเวลาการก่อสร้างได้ แต่ยังมีงานคอนกรีต (Wet construction) และใช้วัสดุผิวสำเร็จมากรุปิดหุ้มผนังทั้งภายในและภายนอก เช่นเดียวกับ Wood Frame หรือ Cold-formed Steel Frame จึงต้องใช้เวลาดัดตั้งวัสดุผิวภายนอก แต่ช่วยให้ผู้ออกแบบมีอิสระในการเลือกใช้วัสดุผิวสำเร็จที่เหมาะสมกับการใช้งาน มาตรฐานการกันความร้อนหรือความชื้น ความสวยงามของอาคาร และราคาของระบบผนัง ได้ตามความต้องการของลูกค้า ส่วนระบบพื้นและหลังคา ICFs ที่ใช้ร่วมกับผนังนั้น มีการผลิตและจำหน่ายในต่างประเทศเช่นกัน แต่ผู้ออกแบบสามารถเลือกวัสดุ หรือชิ้นส่วนสำเร็จรูปทั่วไปในท้องตลาดมาใช้ร่วมกันได้ ระดับของความเป็นอาคารสำเร็จรูปจึงขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้ หรือการผสมผสานชิ้นส่วนอาคารโดยรวมทั้งหมด (ระบบพื้น ผนัง และหลังคา ฯลฯ)

4. ราคาค่าก่อสร้างของอาคาร ICFs ขึ้นอยู่กับพื้นฐานอุตสาหกรรมก่อสร้าง รูปแบบอาคาร และสภาพความพร้อมหรือข้อจำกัดในแต่ละท้องถิ่น และในช่วงเวลาที่ก่อสร้าง ซึ่งมักมีตัวแปร และรายละเอียดที่แตกต่างกัน จากรายงานกรณีศึกษาต่างๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกา สรุปได้ว่า ICFs อาจช่วยประหยัดค่าก่อสร้างในส่วนของห้องใต้ดินได้ถึง 40% ของผนังคอนกรีตหล่อในที่โดยทั่วไป เนื่องจากสามารถลดระยะเวลาและค่าแรงในการก่อสร้างลงได้ ในส่วนของโครงสร้างเหนือดิน ICFs จะมีราคาแพงกว่า Wood Frame แต่ในกรณีที่อาคารมีช่องเปิดกว้างๆ และมีจำนวนมากอาจใช้ ICFs แทน Wood Frame ได้ดี

เพราะสามารถเสริมเหล็กบริเวณรอบๆ ช่องเปิดเพิ่มได้ง่าย และประหยัดกว่าการเสริมความแข็งแรงโดยรอบช่องเปิดด้วยไม้ขนาดใหญ่ ใน Wood Frame ค่าก่อสร้างของบ้าน ICFs โดยรวมมีราคาแพงกว่าบ้านปกติ (Wood Frame) ประมาณ 3% - 7% แต่สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ และลดขนาดของระบบทำความร้อนและความเย็นได้อีกทั้งช่วยลดค่าประกันภัยอาคารจากภัยธรรมชาติหรือเพลิงไหม้ได้ และช่วยลดภาษีจากการส่งเสริม Green Building ได้ ฯลฯ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับท้องถิ่น ที่ตั้งอาคาร และรายละเอียดแต่ละกรณีศึกษาด้วย

ส่วนปัญหาของบ้าน ICFs ที่มีการกล่าวถึงคือการป้องกันการเสื่อมสภาพของโฟมจากสภาพดินฟ้าอากาศ หรือแสงแดด และความชื้นที่ผิวโฟม โดยเฉพาะผนังห้องใต้ดินและส่วนที่ติดกับฐานราก จึงต้องมีระบบป้องกันความชื้นให้ผนัง และมีระบบระบายน้ำที่ระดับดินและระดับฐานราก รวมทั้งการป้องกันปลวกหรือแมลงที่อาจเข้าไปกัดทำลายโฟมได้ ผู้ผลิตบางรายจึงผลิต ICFs ที่กันปลวกได้ หรือกำหนดให้ใช้แผ่นโลหะกันปลวก (Termite shield) ในขั้นตอนการก่อสร้าง

ข้อเสนอแนะ และแนวทางการออกแบบหรือประยุกต์ ICFs เพื่อการใช้งานในประเทศไทย

ความแข็งแรงทางโครงสร้างที่ต้องการในการออกแบบ (ประเภทของอาคาร) สภาพอากาศในแต่ละท้องถิ่น และราคาต่อหน่วยของ ICFs เป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ประกอบการพิจารณาเลือกระบบผนังเพื่อนำไปพัฒนา และออกแบบสำหรับการผลิตและก่อสร้างจริง จากการศึกษารายละเอียดของ ICFs ในต่างประเทศ และประสบการณ์วิจัยที่ผ่านมา ขอตั้งข้อสังเกตในการเลือกระบบ ICFs และให้แนวทางการออกแบบ หรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ สำหรับการใช้งานในประเทศไทย เพื่อให้มีประสิทธิภาพการใช้งานที่ดี และคุ้มค่างว่าการนำเข้าผลิตภัณฑ์ต่างประเทศมาใช้โดยตรง ได้แก่

1. เนื่องจากมาตรฐานการออกแบบ และการก่อสร้างเพื่อความแข็งแรงของโครงสร้าง ที่กฎหมายกำหนดไว้ในประเทศไทย โดยทั่วไปจะต่ำกว่าในต่างประเทศ (ตามสภาพแรงลม หรือภัยธรรมชาติ) ผนัง ICFs หรือโครงสร้างที่ใช้ในต่างประเทศส่วนใหญ่มี

ความหนาแน่น เมื่อนำมาใช้งานในประเทศไทยจะสิ้นเปลืองวัสดุ และค่าก่อสร้าง การออกแบบ ICFs จึงควรลดความหนาแน่น หรือขนาดรูปตัดของคอนกรีตลงได้ โดยเฉพาะสำหรับบ้านพักอาศัย 1-2 ชั้น ICFs ที่เป็นระบบเสาและคานจึงน่าจะประหยัดโครงสร้างได้มากกว่าระบบอื่น โดยอาจออกแบบให้เป็นเสาย่อยๆ (Concrete stud) รับแรงเป็น Uniform Load ซึ่งใกล้เคียงกับระบบตาราง (Grid/Waffle) ที่มีรูปแบบซับซ้อน ผลิตได้ยาก และมีต้นทุนสูงกว่า โดยเฉพาะในช่วงที่ตลาดยังไม่กว้างพอที่จะลงทุนซื้อเครื่องจักร หรือเครื่องมือใหม่ๆ ได้

2. เนื่องจาก ICFs เป็นระบบก่อสร้างที่สำเร็จรูปถึงแม้โดยทั่วไปจะสร้างได้เร็วกว่าโครงสร้างคอนกรีตหล่อในที่ แต่ยังคงช้ากว่า Wood Frame หรือ Steel Frame และ Structural Sandwich Panel ซึ่งใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงาน ICFs ระบบแผ่นขนาดใหญ่ (Panel System) จึงเหมาะที่จะประยุกต์ใช้ในประเทศไทยเพื่อลดแรงงาน โดยเฉพาะโครงการที่อยู่อาศัยขนาดกลาง-ขนาดใหญ่ ซึ่งผู้ก่อสร้างควรมีอุปกรณ์ติดตั้งหรือเครื่องมือเครื่องจักรพร้อม ส่วนระบบลีดเหมาะสำหรับโครงการขนาดเล็ก ไม่เร่งรีบ หรือใช้ช่างพื้นบ้านทั่วไปได้

3. ICFs สำหรับโครงการก่อสร้าง ที่ต้องการใช้วัสดุแผ่นชนิดแข็ง (เช่น แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด แผ่นไม้อัด แผ่นไม้ประสาน แผ่นฮาร์ดบอร์ด ชิบบอร์ด แผ่นโลหะเคลือบ และยิบซัมบอร์ด ฯลฯ) กรุหุ้มด้านนอกอาจออกแบบให้ประกบติดกับแบบหล่อ (ICFs) สำเร็จรูปมาจากโรงงานได้เลย ซึ่งเหมาะกับ Panel System นอกจากช่วยลดขั้นตอนการกรุแผ่นวัสดุปิดผิวโฟมในหน้างานได้แล้ว ยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงของแบบหล่อ ICFs (รับแรงดันคอนกรีตได้เพิ่มขึ้น) และสามารถลดโครงค้ำยันลงได้ด้วย

4. เนื่องจากในประเทศไทยโฟมเป็นวัสดุราคาแพง แต่มีกำลังวัสดุต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างทั่วไป Extruded Polystyrene Foam มีราคาแพงกว่า Polyurethane Foam และ Expanded Polystyrene มาก การเลือกระบบ หรือออกแบบ ICFs ที่ประหยัดโฟมได้ จะช่วยลดราคาคงเหลือได้โดยตรง และควรพยายามลดความหนาของผนัง ให้ใกล้เคียงกับผนังบ้านทั่วไป จึงจะประหยัด และสามารถใช้วัสดุประกอบ

ในห้องตลาดทั่วไปได้ (เช่น วงกบประตูหน้าต่าง ฯลฯ) ซึ่งแก้ปัญหาโดยการออกแบบให้ผนังมีรูกลวง หรือ มีช่องอากาศ (ไม่จำเป็นต้องเทคอนกรีต) และควบคุม ความหนาโฟมที่หุ้มโครงสร้างคอนกรีตไม่ให้เกินความ จำเป็นต้องใช้เพื่อการประหยัดพลังงาน ซึ่งทั้ง 2 วิธีการ นั้น จะมีผลให้ค่าความต้านทานความร้อนของผนัง ลดลงไปบ้าง แต่โดยสภาพอากาศในประเทศไทย จะส่ง ผลกระทบต่อค่าพลังงานไฟฟ้าเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบ เทียบกับราคาผนัง หรือค่าก่อสร้างโดยรวม

5. พื้นฐานของอุตสาหกรรมโฟมในประเทศ ยังมีข้อจำกัดในกระบวนการผลิต เทคโนโลยี และมาตรฐาน ผลผลิตภัณฑ์ ICFs ที่มีรูปแบบซับซ้อนอาจเพิ่มต้นทุน การผลิต หรือต้องลงทุนอุปกรณ์ หัวฉีด หรือเครื่องจักร และเทคโนโลยีเพิ่มขึ้น ซึ่งถ้าไม่มีตลาดรองรับสม่ำเสมอ มากพอ ก็จะมีผลให้ต้นทุนเฉลี่ยของผนังมีราคาแพง และจะแข่งขันกับระบบก่อสร้างอื่นได้ยาก

6. ภาพลักษณ์ของโฟม หรือความเชื่อที่ว่า โฟม เป็นวัสดุที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และปล่อยสารพิษ ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือชีวิตเมื่อเกิดเพลิงไหม้ และมีผู้ต่อต้านการใช้โฟม (ทุกชนิด) ในงานก่อสร้าง จาก ข้อมูลที่ศึกษา พบว่าในปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตโฟม ได้เปลี่ยนไปใช้ Blowing Agent ชนิดที่ไม่ก่อให้เกิด สารที่ทำลายโอโซน (CFCs หรือ HFCs) โฟมที่ใช้ใน อุตสาหกรรมก่อสร้างมีหลายเกรด และหลายชนิด มีทั้ง ที่ติดไฟและไม่ติดไฟ เมื่อไฟไหม้จะปล่อยควัน และสาร พิษในระดับที่แตกต่างกันไป แต่สารบางชนิดที่เกิดขึ้น จากการเผาไหม้โฟมบางชนิด มีระดับต่ำกว่าหรืออัน ตรายน้อยกว่า ที่เกิดจากการเผาไหม้ของวัสดุก่อสร้าง ทั่วไปบางชนิดเช่นกัน เช่น ไม้ ไม้อัด ผ้า พลาสติก ผนังเทียม และกระดาษ ฯลฯ จึงควรเลือกใช้ชนิดโฟม ให้เหมาะสมกับมาตรฐานงานก่อสร้างที่ต้องการ ปัจจุบัน ในประเทศอุตสาหกรรมที่มีมาตรฐานงานก่อสร้าง ความปลอดภัย และคุณภาพชีวิตสูงกว่าประเทศไทย มาก ยังยินยอมให้ใช้โฟมในงานก่อสร้าง ทั้งในอาคาร สาธารณะ และอาคารพักอาศัย ผลผลิตภัณฑ์โฟม และระบบ การก่อสร้างด้วยโฟมหลายชนิดจึงมีแนวโน้มการตลาด สูงขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากโฟมเป็นฉนวนที่มีราคาถูก และมีรายละเอียดการก่อสร้างที่ให้ความปลอดภัยเพิ่มขึ้นได้

เช่น การหุ้มด้วยวัสดุแผ่น การฉาบ หรือพันทับด้วยวัสดุ กั้นไฟ ฯลฯ อีกทั้งในอนาคตจะมีวัสดุที่ใช้แทนโฟมเพื่อ การผลิต ICFs ได้เพิ่มขึ้น แต่ต้องใช้เวลาในเชิงธุรกิจ และอุตสาหกรรมการผลิต เช่นเดียวกับการพัฒนาของ วัสดุหรือระบบก่อสร้างอื่นๆ ที่จะต้องพัฒนาหรือยก ระดับมาตรฐานความปลอดภัยต่อสุขภาพ หรือความ เป็น Green Building ด้วยเช่นกัน

7. ควรมีการศึกษา และพัฒนาโฟมชนิดที่มี คุณสมบัติและราคาเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทย แทน Expanded Polystyrene Foam หรืออาจใช้ วัสดุอื่นที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำกว่าโฟม ทดแทน แต่อาจใช้งานได้ดีหรือคุ้มค่ากว่าโฟมได้ เช่น วัสดุจากเส้นใยพืชหรือผลิตภัณฑ์เหลือทิ้งจากการเกษตร ชี้นหรือเศษไม้ และเศษกระดาษ ฯลฯ

8. ถึงแม้ ICFs จะมีระบบโครงสร้างเฉพาะตัว แต่ผลิตภัณฑ์ ICFs ควรออกแบบให้สามารถประยุกต์ หรือผสมผสานใช้งานร่วมกับโครงสร้างระบบอื่น และ อาคารประเภทอื่นได้ดีด้วย เช่น ระบบเสาและคาน (คอนกรีต และเหล็ก) และใช้เป็นผนังภายนอก (Claddings) สำหรับอาคารทั่วไป ฯลฯ

9. อาจต้องศึกษาความจำเป็น หรือการป้องกัน ความชื้นจากการควบแน่น (Condensation) ที่อาจ เกิดขึ้นในช่องว่างผนัง หรือระหว่างชั้นวัสดุแผ่นที่ กรุผนัง ที่เหมาะสมกับภูมิภาคต่างๆ ในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบผนังให้ เหมาะสมกับโครงการ และงบประมาณการก่อสร้าง

อนึ่ง การพัฒนาวัสดุหรือระบบการก่อสร้าง ทางเลือกเพื่อใช้งานในประเทศไทย ไม่ควรมุ่งให้ความ สำคัญเฉพาะการประหยัดพลังงาน หรือ Green Building ตามกระแสสังคมโลก เพียงด้านเดียวเท่านั้น เนื่องจาก เศรษฐกิจและสังคมไทยมีความแตกต่างจากประเทศ อุตสาหกรรมมาก โดยเฉพาะระดับรายได้หรือคุณภาพ ชีวิตของประชากร และสภาพอากาศหรือสิ่งแวดล้อม ฯลฯ วัสดุและระบบการก่อสร้างเป็นเพียงปัจจัยหนึ่ง ที่ช่วยให้อาคารประหยัดพลังงานไฟฟ้า หรือเป็น Green Building ได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น ซึ่งสอดคล้อง กับรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศไทยส่วนใหญ่ที่ พบว่าค่าพลังงาน หรือค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้จริงจาก

การปรับเปลี่ยนวัสดุหรือระบบการก่อสร้างในบ้านพักอาศัยโดยทั่วไปเพียงปัจจัยเดียว ยังมีมูลค่าน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับราคาค่าก่อสร้างบ้านทั้งหลัง หรือกับผลการประหยัดพลังงานที่ได้จากการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้อยู่อาศัย ฯลฯ การพัฒนา หรือเลือกใช้วัสดุและระบบการก่อสร้างที่เหมาะสม จึงควรให้ความสำคัญกับมิติ หรือปัจจัยอื่นประกอบด้วย

บทส่งท้าย

การศึกษาวิจัย เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ผลกระทบ และความคุ้มค่าของวัสดุหรือระบบการก่อสร้างที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ยังมีจำนวนน้อยมากในประเทศไทย เพราะไม่ค่อยมีหน่วยงาน สถาบัน หรือองค์กรที่เกี่ยวข้องทำการศึกษารายละเอียดจริงจังมากนัก ทั้งนี้ นอกจากจะช่วยคุ้มครองผู้บริโภค และพัฒนาอุตสาหกรรมหรือธุรกิจของประเทศได้โดยตรงแล้ว ยังเป็นองค์ความรู้เพื่อการพัฒนา หรือการประยุกต์ใช้ให้คุ้มค่าในเชิงเศรษฐกิจชาติ จะนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม การวางนโยบายที่อยู่อาศัย นโยบายประหยัดพลังงาน หรือ Green Building และการพัฒนาอุตสาหกรรมรองรับในประเทศของรัฐ ให้มีทิศทาง หรือเป้าหมายที่ถูกต้องยิ่งขึ้น ซึ่งยังต้องอาศัยองค์ความรู้ หรือผลงานวิจัยสนับสนุนอีกมาก เพื่อช่วยการตัดสินใจ ชี้แนะ และสนับสนุนให้เกิดการยอมรับร่วมกันได้ ทั้งในภาครัฐ และเอกชน

ประสบการณ์ในอดีตชี้ให้เห็นชัดเจนว่า วัสดุหรือระบบการก่อสร้างต่างประเทศที่ภาคธุรกิจนำเข้ามาใช้แก้ปัญหาการขาดแคลนวัสดุ หรือแรงงาน และเร่งสนองความต้องการของตลาดที่ร้อนแรง ในช่วงธุรกิจอสังหาริมทรัพย์เฟื่องฟูนั้น ถ้าไม่พัฒนาผลิตภัณฑ์ หรือ

ปรับวัสดุและระบบการก่อสร้างให้เหมาะสมกับการใช้งาน และมีราคาที่แข่งขันกับระบบก่อสร้างทั่วไปได้แล้ว เมื่อเศรษฐกิจถดถอยหรือธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ซบเซาก็ไม่สามารถอยู่ได้ยั่งยืน มักสูญหายไปจากตลาด และวนกลับมาอีกเมื่อเศรษฐกิจฟื้นตัวรอบใหม่ ซึ่งต้องใช้เวลานานนับสิบปี และมีคู่แข่งใหม่เพิ่มขึ้น ICFs เป็นผลิตภัณฑ์และระบบการก่อสร้างที่มีจุดเด่นหลายประการ ถ้าวางแบบผลิตภัณฑ์ ให้ใช้ก่อสร้างเป็นผนังรับน้ำหนัก (Concrete stud) และหล่อให้เป็นเสาและคาน ค.ส.ล. ได้ หรืออาจใช้เสาและคานเหล็ก (Cold-formed steel) แทนคอนกรีตโดยพัฒนาเป็นระบบแห้ง (Dry construction) ได้ ก็จะช่วยให้มีศักยภาพในการใช้งาน และมีตลาดกว้างขวางมากขึ้น รวมทั้งอาจใช้เป็นผนังหุ้มภายนอกโครงสร้าง (Claddings) ของอาคารสาธารณะ แทน Structural Sandwich Panels หรือ Aluminum Composite ก็ได้ จึงขึ้นอยู่กับรูปแบบผลิตภัณฑ์ และความรู้ ความสามารถของผู้ออกแบบ และผู้ก่อสร้างเป็นสำคัญ แต่การวิจัยพัฒนา (R&D หรือ RD&D) เชิงบูรณาการลักษณะนี้ จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือ และการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ทั้งภาครัฐ สถาบันการศึกษา หรือผู้วิจัยจากหลายสาขาวิชา โดยเฉพาะภาคเอกชน หรือกลุ่มอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นหน้าที่โดยตรงของผู้ผลิต หรือกลุ่มอุตสาหกรรมโพลิเมอร์ที่จะต้องสร้างมูลค่าเพิ่ม หรือขยายตลาดให้แข่งขันกับวัสดุกลุ่มอื่นได้ การวิจัยพัฒนาให้เห็นผลเชิงธุรกิจอย่างจริงจัง ต้องลงทุน และใช้ระยะเวลา จึงควรทำควบคู่ไปกับการตลาดเพื่อการเรียนรู้ บูรณาการผล และสร้างความพร้อมในการแข่งขัน โดยเฉพาะเมื่อเศรษฐกิจของประเทศฟื้นตัวตามรอบวัฏจักร และตลาดธุรกิจอสังหาริมทรัพย์กลับมาเฟื่องฟูอีกในอนาคต



บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และคนอื่นๆ. (2555). การศึกษาและออกแบบผนังโฟมสำเร็จรูป ที่ใช้เป็นแบบหล่อคอนกรีตได้ในตัว เพื่อใช้ในการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงาน และเพื่อการผลิตทางอุตสาหกรรม. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- _____. (2550). การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง **Structural Sandwich Panels** เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สำนักงานวิจัยพลังงาน. (2541). โครงการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน. รายงานวิจัยเสนอสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ.
- ปรีชญามหัทธนนที, จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และ ดร.ณิ มงคลสวัสดิ์. (2550). ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของบ้านโครงสร้างเหล็ก (**Steel Framing**) และบ้านโครงสร้างไม้ (**Wood Framing**) ที่ได้พัฒนาขึ้นใช้ในประเทศไทย : รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. (2548). โครงการศึกษาวิจัยวัสดุผนังเพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับใช้ในการก่อสร้างอาคารพักอาศัย กรณีศึกษา โครงการบ้านเอื้ออาทร. รายงานการวิจัยเสนอการเคหะแห่งชาติ.
- สุนทร บุญญาริการ. (2542). เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

- Gajda, John. (2001). **Energy use of single-family houses with various exterior walls**. Report for Portland Cement Association,
- ICF Builder Magazine. (2012). **History of ICFs**. [Online]. Retrieved July 10, 2012. From http://www.icfmag.com/articles/features/history_of_icfs.html.
- Kosny, J., and Kossecka, E. (2002). Multi-dimensional heat transfer through complex building envelope assemblies in hourly energy simulation programs. **Energy and Buildings** 34 : 445-454.
- NAHB Research Center. (1997). **Insulating concrete forms for residential construction : demonstration homes**. Report.
- _____. (2012). **Cost and benefit of insulating concrete forms for residential construction**. [Online]. Retrieved September 21, 2012. From <http://www.huduser.org/portal/publications/destech/icfbenefits.html>.
- Panushev, Ivan S. and Vanderwerf, Pieter A. (2004A). **Insulating concrete forms construction**. New York: McGraw Hill.
- _____. (2004B). **Insulating concrete forms construction: demand, evaluation, and technical practice**. New York: McGraw-Hill.
- Portland Cement Association. (1998). Building with Insulation Concrete Forms. **Concrete Technology Today** 19, 2.

- Quad-lock Building Systems Ltd. (2012). **Energy performance & R-Values of insulated concrete forms.** [Online]. Retrieved July 10, 2012. From http://www.quadlock.com/green_building/ICF_energy_performance.htm.
- VanderWerf, Pieter A. and Munsell, W. Keit. (1995). **Insulating concrete forms construction manual.** New York: McGraw-Hill.
- VanderWerf, Pieter A. and others. (1997). **Insulating concrete forms for residential design and construction.** New York: McGraw-Hill.
- Wikipedia. (2012). **Insulating concrete form.** [Online]. Retrieved July 10, 2012. From http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Insulating_concrete_form.