แนวทางการออกแบบบ้านพักอาศัยชั่วคราวระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับการบรรเทาภัยพิบัติในประเทศไทย

ณัฐวุฒิ พจนานุวัฒน์
นักศึกษาและนักวิจัย สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์*
รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-2986-9434 อีเมล: lertwatt@tu.ac.th
รับเมื่อ 29 มกราคม 2556 ตอบรับเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2558 เผยแพร่ออนไลน์ 22 พฤษภาคม 2558
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2015.02.002 © 2015 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

ภัยพิบัติทางธรรมชาติก่อให้เกิดความเสียหายต่อบ้านเรือนของประชาชน ส่งผลให้ผู้ประสบภัยต้องใช้เวลาในการซ่อมแซมหรือสร้างที่พักอาศัยใหม่ จึงมีความจำเป็นในการจัดเตรียมที่พักอาศัยชั่วคราว ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในพื้นที่สาธารณะ เช่น อาคารโรงเรียน วัด หรือการใช้เต็นท์ผ้าใบติดตั้งบนพื้นที่โล่ง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ วิธีการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ระบบประสานทางพิกัด ระบบรอยต่อ รวมทั้งการศึกษาวิถีชีวิตและความสามารถในการใช้อุปกรณ์การก่อสร้างของผู้ประสบภัย เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบที่พักอาศัยชั่วคราวระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป และการก่อสร้างที่พักอาศัยต้นแบบขนาดเท่าจริงเพื่อประเมินประสิทธิผลในด้านต่าง ๆ ของอาคาร ผลการศึกษา พบว่าการใช้ระบบผนังสำเร็จรูปเป็นโครงสร้างหลักในการก่อสร้างอาคารชั้นเดียวสามารถลดจำนวนชิ้นส่วนประเภทเสาและคาน ซึ่งทำให้ขนย้ายและติดตั้งได้ง่ายในเวลาอันรวดเร็ว นอกจากนี้ การติดตั้งแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผนังและหลังคาเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย ผลการศึกษานี้นำไปสู่การเสนอแนวทางออกแบบที่พักอาศัยชั่วคราวระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับการบรรเทาภัยพิบัติในประเทศไทย

คำสำคัญ: การออกแบบ ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ที่พักอาศัยชั่วคราว ภัยพิบัติ การฟื้นฟู

การอ้างอิงบทความ: ณัฐวุฒิ พจนานุวัฒน์ และ ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์, "แนวทางการออกแบบบ้านพักอาศัยชั่วคราวระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับการบรรเทาภัยพิบัติในประเทศไทย," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 25, ฉบับที่ 2, หน้า 191 - 202, พ.ค. - ส.ค. 2558. http://dx.doi.org/10.14416/j.kmutnb.2015.02.002

Design Guidelines of Temporary Prefabricated House for Disaster Rehabilitation in Thailand

Nattawut Photchananuwat
Student and researcher, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University, Bangkok, Thailand

Pusit Lertwattanaruk*
Associate Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0-2986-9434, E-mail: lertwatt@tu.ac.th
Received 29 January 2013; Accepted 16 February 2015; Published online: 22 May 2015
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2015.02.002 © 2015 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Natural disasters cause damage to people's homes. As a result, the victims have to spend a lot of time to repair or build new houses. Therefore, it is necessary to provide temporary accommodation for them, which is mainly held in public areas such as school, temple, or a canvas tent on the ground. This research aims to study various parameters including prefabrication construction methods, modular coordination systems, structural connections, and also the victims' life style and their ability to use the construction equipment. These lead to the applications of the design of temporary prefabricated houses and the construction of the full-scale prototype building to evaluate the performance of various aspects. The results show that the use of wall panel structure in the construction of one-storey building can reduce the number of parts of beams and columns, which can be easily transported and assembled in a very short time with less labor. In addition, the installation of insulation materials for wall panel and roof is an important factor for the hot-humid climate in Thailand. The results of the study lead to the proposed design guidelines on temporary prefabricated housing for disaster relief in Thailand.

Keywords: Design, Prefabrication, Temporary House, Disaster, Rehabilitation

Please cite this article as: N. Photchananuwat and P. Lertwattanaruk, "Design Guidelines of Temporary Prefabricated House for Disaster Rehabilitation in Thailand," *J. KMUTNB*, Vol. 25, No. 2, pp. 191 - 202, May. - Aug. 2015 (in Thai). http://dx.doi.org/10.14416/j.kmutnb.2015.02.002

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบัน หลายประเทศทั่วโลกได้เกิดวิกฤตการณ์ทางธรรมชาติมากมาย และนับวันยังมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งประเทศไทยถึงจะเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติ ก็ไม่สามารถหลีกหนีปัญหาภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นได้ ภัยทางธรรมชาติที่เกิดขึ้น ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน และสร้างความเดือดร้อนแก่ผู้ประสบภัยเป็นอย่างมาก ซึ่งประเทศไทยขาดมาตรการในการเตรียมการเพื่อรับมือกับภัยพิบัติทางธรรมชาติเหมือนนานาประเทศ และนอกจากนี้ ยังมีภัยอันตรายที่เกิดจากมนุษย์ เช่น ภัยจากการสู้รบตามเขตแนวชายแดนซึ่งทำให้ประชาชนต้องอพยพหนีออกจากที่พักอาศัยถาวรเพื่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน

เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ไม่สามารถควบคุมได้ทั้งภัยทางธรรมชาติและที่เกิดจากมนุษย์ ซึ่งเป็นเหตุให้บ้านเรือนของประชาชนได้รับความเสียหาย และทำให้ผู้ประสบภัยไม่มีที่อยู่อาศัยและต้องอพยพไปอยู่อาศัยตามพื้นที่ซึ่งทางราชการจัดเตรียมไว้ให้ ซึ่งส่วนมากจะเป็นการอยู่ในพื้นที่สาธารณะโดยใช้เต็นท์เพื่อการอยู่อาศัยชั่วคราว การใช้เต็นท์นั้นมีปัญหาในเรื่องความร้อน และการอาศัยอยู่รวมกันเป็นจำนวนมาก ซึ่งขาดความเป็นส่วนตัวของผู้ประสบภัยและก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขอนามัยต่าง ๆ ในต่างประเทศได้มีการพัฒนาที่อยู่อาศัยชั่วคราวสำหรับรองรับผู้ประสบภัยอย่างต่อเนื่อง ตัวอย่างเช่นในปี พ.ศ. 2553 ประเทศเฮติ ได้ประสบภัยแผ่นดินไหวอย่างหนัก ทำให้ผู้คนจำนวนมากได้รับความเดือดร้อน และไม่มีที่อยู่อาศัยเนื่องจากบ้านเรือนได้รับความเสียหาย ชาวเฮติได้รับความช่วยเหลือจากโครงการบ้านพักอาศัยชั่วคราวที่ผลิตจากกระดาษเพื่อบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชนที่ไม่มีที่อยู่อาศัยและรอการสร้างบ้านหลังใหม่ แต่ในประเทศไทย การพัฒนาที่พักอาศัยชั่วคราว ยังไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควร อย่างไรก็ดี แนวโน้มของการเกิดภัยธรรมชาติมีมากขึ้น ทำให้เกิดความต้องการในการจัดเตรียมที่พักอาศัยชั่วคราวเป็นจำนวนเพิ่มมากขึ้นเพื่อรองรับและบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชนในอนาคต

ดังนั้นการวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นการพัฒนาที่พักอาศัยชั่วคราวขนาดเล็ก ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายและประกอบชิ้นส่วนได้ง่าย เพื่อนำไปช่วยเหลือผู้ที่ได้รับความเดือดร้อนได้อย่างรวดเร็ว และสามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานรวมถึงการนำกลับไปใช้ใหม่ได้เพื่อการประหยัดงบประมาณ และตอบสนองต่อความต้องการของหน่วยงานที่จะช่วยเหลือผู้ประสบภัย โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1) ศึกษาลักษณะของที่พักอาศัยชั่วคราว วิถีชีวิตและการอยู่อาศัยของผู้ประสบภัยรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้อง

2) ศึกษารูปแบบและระบบการก่อสร้างที่พักอาศัยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเพื่อตอบสนองต่อการใช้งานของผู้ประสบภัยในประเทศไทย

3) วิเคราะห์รูปแบบที่พักอาศัยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่เหมาะสม โดยการศึกษาจากแบบจำลอง และสร้างหุ่นจำลองเพื่อการทดสอบโดยการประกอบจริง

4) นำเสนอแนวทางการออกแบบที่พักอาศัยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเพื่อนำไปใช้ช่วยเหลือผู้ประสบภัย

ขอบเขตของการวิจัย อาคารต้นแบบเป็นที่พักอาศัยชั่วคราวชั้นเดียว ขนาดเท่าจริง ใช้งบประมาณการก่อสร้างไม่เกิน 50,000 บาท สำหรับผู้ประสบภัยจำนวนมากที่สุดจำนวน 3 คน และทดสอบประกอบที่พักอาศัยชั่วคราวต้นแบบเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ขั้นตอนในการก่อสร้างที่พักอาศัยชั่วคราว

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การช่วยเหลือผู้ประสบภัย และประเภทของที่พักอาศัยชั่วคราว

ภัยพิบัติมี 2 ประเภท ได้แก่ ภัยที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติและภัยที่เกิดจากมนษย์ ซึ่งภัยทั้ง 2 ประเภทอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน และมีความจำเป็นต้องเตรียมการเพื่อรับมือและบรรเทาความเดือดร้อนของผู้ประสบภัย เมื่อภัยพิบัติก่อให้เกิดความเสียหายต่อบ้านเรือนของประชาชน การช่วยเหลือทางด้านที่อยู่อาศัย

สามารถจำแนกตามลักษณะของอาคารที่พักอาศัยออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ ที่พักอาศัยฉุกเฉิน ที่พักอาศัยชั่วคราว และที่พักอาศัยถาวร [1]

ที่พักอาศัยชั่วคราวเป็นที่พักอาศัยที่มีความสำคัญมากต่อการบรรเทาความทุกข์ของประชาชน จากผลการศึกษางานวิจัยต่างๆ สามารถสรุปหลักเกณฑ์ในการสร้างที่พักอาศัยชั่วคราว ได้ดังนี้ [2], [3]

1) อาคารส่วนมากเป็นอาคารชั้นเดียว

2) อาคารควรมีความเหมาะสมกับมาตรฐานคุณภาพชีวิตสำหรับแต่ละท้องถิ่น

3) สามารถเพิ่มหรือลดพื้นที่ตามความเหมาะสม

4) สามารถรื้อถอนและนำกลับไปสร้างใหม่ได้

5) พื้นที่ใช้สอยเพียงพอต่อการอยู่อาศัยชั่วคราว

6) สามารถนำวัสดุก่อสร้างหลากหลายมาใช้ร่วมกันได้

7) มีความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ประสบภัย

2.2 พื้นที่ประสบภัยและที่พักอาศัยที่ใช้ในการช่วยเหลือผู้ประสบภัยในประเทศไทย

จากผลการศึกษาเหตุการณ์ภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในประเทศไทย โดยมีกรณีศึกษาจากพื้นที่ต่างๆ [4] ดังนี้

บ้านแก่งโตน อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์ ในวันที่ 10 กันยายน 2552 ได้เกิดเหตุการณ์น้ำป่าถล่ม และมีบ้านเรือนได้รับผลกระทบกว่า 70 ครัวเรือน ประชาชนได้อพยพไปพักอาศัยในบริเวณโรงเรียน ใช้เต็นท์ขนาด 3.0×6.0 เมตร ปิดรอบด้านด้วยผ้าใบและทำพื้นยกสูงขึ้นเพื่อหลีกเลี่ยงน้ำไหลหลาก

บ้านห้วยขมิ้น ต.คีกคัก อ.เมือง จ.พังงา ในช่วงวันที่ 10-13 มกราคม 2548 มีเหตุการณ์สึนามิถล่ม และมีบ้านเรือนได้รับผลกระทบกว่า 110 ครัวเรือน ประชาชนต้องอพยพไปอาศัยอยู่ในที่พักอาศัยชั่วคราวซึ่งสร้างด้วยวัสดุไม้แปรรูปและสังกะสี ตามระบบการก่อสร้างพื้นฐาน ซึ่งใช้เวลาในการก่อสร้างค่อนข้างนาน

บ้านคลองแห้ง ต.เขาพนม อ.เขาพนม จ.กระบี่ มีเหตุการณ์น้ำป่าถล่มเมื่อวันที่ 30 มีนาคม 2554 และมีบ้านเรือนได้รับผลกระทบ 28 ครัวเรือน ประชาชนได้อพยพไปพักอาศัยในวัดเป็นเวลากว่า 3 เดือน โดยมีที่พักอาศัยชั่วคราว แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือบ้านแถวและบ้านเดี่ยว บ้านเดี่ยวเป็นบ้านเหล็กของมูลนิธิเพื่อนพึ่ง (ภาฯ) ยามยาก สภากาชาดไทย ซึ่งมีขนาด 3.0×2.0 เมตร สำหรับพักอาศัย 2 คน วัสดุโครงสร้างทำจากเหล็กชุบสังกะสี ผนังอาคารและหลังคาเป็นแผ่นเมทัลชีท ทำให้อาคารมีร้อนสูงมากในเวลากลางวัน และเป็นอาคารยกสูงซึ่งเป็นอันตรายต่อเด็กและผู้สูงอายุ บ้านแถวเป็นอาคารที่ก่อสร้างด้วยไม้และแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ มุงด้วยหลังคากระเบื้องลอนคู่ ขนาด 4.0×8.0 เมตร

2.3 ที่พักอาศัยชั่วคราวสำหรับผู้ประสบภัยในต่างประเทศ

ในการศึกษาระบบการก่อสร้างที่มีระบบการเชื่อมต่อของชิ้นส่วนที่ประกอบกันได้ง่าย และขนส่งสะดวก งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์กรณีศึกษาของที่พักอาศัยชั่วคราวในต่างประเทศ ดังต่อไปนี้

1) เต็นท์มองโกลเลียเป็นที่อยู่อาศัยพื้นของชาวมองโกลเลียมีคุณสมบัติพิเศษ คือสามารถเคลื่อนย้ายก็ได้ โดยการขนขึ้นหลังม้า ลักษณะเป็นเต็นท์วงกลม มีวัสดุโครงเป็นระแนงไม้ท่อนเล็กๆ และคลุมด้วยผ้าหนังสัตว์ขนาดใหญ่ [5]

2) บ้านสำหรับผู้ประสบภัยในประเทศเฮติ ลักษณะเป็นบ้านกระดาษทรงสี่เหลี่ยมขนาด 3.0×3.0 เมตร ติดตั้งง่าย และมีน้ำหนักเบา เหมาะสมกับประเทศที่มีอากาศร้อนและมีฝนตกน้อย [6]

3) Translational Shelter เป็นบ้านโครงสร้างเหล็ก 2 ชั้น ผนังทำจากแผ่นเหล็กมีขนาดกว้าง 1.2 เมตร ยาว 2.4 เมตร และสามารถจัดเก็บเป็นชุด [7]

4) Defense Shelter Assembly ที่พักอาศัยชั่วคราว ระบบถอดประกอบมีขนาด 2.4×2.4×2.4 เมตร วัสดุผนังเป็นแผ่นไม้หนาและยึดแต่ละแผ่นด้วยแถบยางและสกรู [8]

5) Deca Dome ผลิตจากวัสดุแผ่นพลาสติกชนิดพิเศษ มีน้ำหนักเบา เป็นรูปทรงเหลี่ยมต่างกัน เมื่อนำมาต่อกันจะเป็นหลังคารูปทรงโดม ซึ่งเหมาะสมกับการรับน้ำหนัก [9]

6) บ้านคอนกรีตเบาสำเร็จรูป (Lightweight Prefabricated Concrete) ทำจากคอนกรีตชนิดพิเศษผสมโฟม ทำให้มีน้ำหนักเบา เหมาะสมกับการขนย้ายและใช้การต่อเชื่อมด้วยตะขอเหล็กยึดกับแผ่นผนัง [10]

7) บ้าน Flat Pack House ในประเทศเฮติ มีขนาด 2.5×5.0 เมตร มีผนังทั้งหมด 4 ด้านซึ่งแต่ละด้านเป็นผนังสำเร็จรูปสร้างด้วยโครงเหล็กชุบสังกะสี และใช้ระบบรอยต่อยึดด้วยสกรู ซึ่งทำให้ก่อสร้างได้รวดเร็วเนื่องจากมีชิ้นส่วนจำนวนน้อย [11]

2.4 ระบบและกระบวนการก่อสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Prefabrication)

การก่อสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป เป็นการนำชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาประกอบเข้าด้วยกันตามระบบประสานทางพิกัด (Modular Coordination) และมีการประสานทางด้านมิติของชิ้นส่วนทั้งแนวตั้งและแนวนอนโดยมีการออกแบบรอยต่อ (Joint Design) เพื่อให้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปสามารถประกอบเข้าด้วยกันได้สมบูรณ์ หลักการและพื้นฐานของบ้านระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป [11] มีการแบ่งงานออกเป็น 6 ส่วนดังนี้

1. ระบบ (System) คือระบบของบ้านหรืองานสถาปัตยกรรมซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบย่อย (ดังในรูปที่ 1) ได้แก่

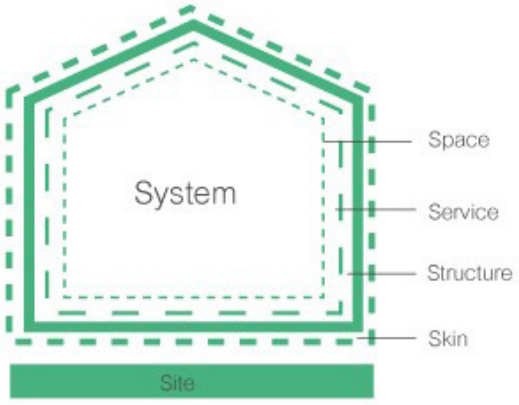
1) โครงสร้างของอาคาร (Structure)

2) ผนังของอาคาร (Skin) ซึ่งอาจทำหน้าที่ได้มากกว่าเป็นผนังเพียงอย่างเดียว เช่น ผนังสามารถทำหน้าที่เป็นโครงสร้างอาคาร หรือการติดตั้งประตูหรือหน้าต่างสำเร็จรูป

3) ระบบของสาธารณูปโภคภายในอาคาร เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบน้ำประปา (Service) พื้นที่ใช้งานภายในอาคาร (Space)

2. วัสดุ (Material) แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ เหล็ก อะลูมิเนียม ไม้ คอนกรีต และพลาสติก

3. วิธีการ (Method) วิธีการหรือขบวนการในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปในปัจจุบันมีวิธีที่นิยมใช้ ได้แก่



รูปที่ 1 พื้นฐานของบ้านระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

1) การใช้เครื่องจักร (Machine) ช่วยในการตัดวัสดุเพื่อความแม่นยำและรวดเร็วในการผลิต เช่น เครื่องแกะสลักเลเซอร์ (Laser Cutter) พลาสมาคัตติ้ง (Plasma Cutting) หรือเครื่องตัดโดยใช้พลังน้ำ (Water-jet Cutting)

2) การพิมพ์ หรือการหล่อชิ้นงาน (Molding) คือการใช้เครื่องจักรขึ้นรูปชิ้นงานคล้ายกับการปั้นด้วยมือ โดยเครื่องจักรทำงานในระบบสามมิติเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ตามที่ได้ออกแบบไว้

3) การทำชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Prefabrication) โดยมีข้อต่อ (Joint) และชิ้นส่วนที่สามารถเชื่อมต่อกันได้ง่ายต่อการนำไปติดตั้ง ซึ่งมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การใช้สลักเกลียวและการเชื่อม เป็นต้น

4. ชิ้นงาน (Product) ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและรายละเอียดของงาน ซึ่งสามารถจะผลิตเป็น แบบ ATS (Assemble-to-Stock) MTO (Made-to-Order) และ ETO (Engineers-to-Order) ตามความต้องการ

5. ระดับขั้น (Class) ได้แก่ ระบบปิด (ชิ้นส่วนที่ออกแบบสำหรับโครงการใดโครงการหนึ่งเท่านั้น) และระบบเปิด (วัสดุสำเร็จรูปที่ผลิตขายในท้องตลาด ซึ่งสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมของโครงการ)

6. แนวแกน (Grids) คือ การวางแนวและแกนของการก่อสร้างเพื่อง่ายต่อการนำชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน และมีระบบของพิกัดที่เหมาะสมเพื่อการผลิต

ชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เหมาะกับขนาดของวัสดุที่นำมาใช้

กระบวนการก่อสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปข้างต้นเป็นขั้นตอนการก่อสร้าง ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการก่อสร้างระบบชิ้นสำเร็จรูปในประเทศไทย

2.5 ระบบพิกัดที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานวิธีการขนส่งและขนาดวัสดุ

การออกแบบที่พักอาศัยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปโดยการใช้ระบบประสานทางพิกัด หรือระบบโมดูลาร์ (Modular System) [12] คือ การแบ่งส่วนประกอบของอาคารออกเป็นชิ้นส่วนย่อย เพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิต และการขนส่งชิ้นส่วนย่อยเพื่อไปประกอบในพื้นที่ก่อสร้าง [13] ซึ่งระยะพิกัดที่เหมาะสมกับการก่อสร้างต้องมีการพิจารณาร่วมกับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ พื้นที่การใช้งาน วัสดุ และการขนส่ง

กระบวนการออกแบบอาคารโดยใช้ระบบประสานทางพิกัด [14] มีขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) การวางผังอาคารตามระบบประสานทางพิกัดโดยใช้หน่วยพิกัดมูลฐาน

2) การออกแบบชิ้นส่วนประกอบอาคารทางพิกัด (Design of Modular Components)

3) การวางตำแหน่งและพิกัดของชิ้นส่วนประกอบอาคารตามระบบการก่อสร้างอาคาร

4) การปรับปรุงและแก้ไขส่วนประกอบอาคารทางพิกัด

5) กำหนดตารางพิกัดของส่วนประกอบในรูปด้านและรูปตัดอาคาร

6) การจัดทำแบบร่าง และแบบรายละเอียด

ผู้ประสบภัยในประเทศไทย ซึ่งที่พักอาศัยได้รับความเสียหายและไม่สามารถหาที่อยู่อาศัยของตนเองได้ส่วนมากเป็นผู้ที่มีฐานะยากจน มีอาชีพรับจ้างและเกษตรกรรมเป็นหลัก จึงมีวิถีชีวิตที่มีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร ผลจากการวิจัยที่ได้ทำการวิเคราะห์พื้นที่การใช้งานของที่อยู่อาศัยตามวิถีชีวิตของผู้ยากจน [15], [16] สามารถแบ่งพื้นที่ตามกิจกรรมที่เหมาะสมกับการใช้งานของผู้ประสบภัย 1 ครอบครัว ซึ่งมีสมาชิกจำนวน 4 คน ได้ดังต่อไปนี้

1) พื้นที่นอนมีพื้นที่สำหรับ 1 ครอบครัว จำนวน 4 คน ใช้พื้นที่น้อยที่สุดเท่ากับ 2.40×1.70 เมตร

2) พื้นที่สำหรับตู้เสื้อผ้าแต่งตัว ใช้พื้นที่ขนาด 0.90×1.20×1.80 เมตร

3) พื้นที่สำหรับเก็บของโดยมีพื้นที่ของตู้และคนยืนใช้พื้นที่ขนาด 0.90×1.20×1.80 เมตร

4) พื้นที่ห้องน้ำขนาดเล็กที่สุดที่สามารถใช้ทั้งอาบน้ำและส้วม ใช้พื้นที่ขนาด 0.90×1.20 เมตร

5) พื้นที่ห้องครัว ใช้พื้นที่ขนาด 0.90×0.90 เมตร

ในยามเกิดภัยพิบัติ ถนนถือเป็นเส้นทางคมนาคมที่สำคัญ การขนส่งโดยทั่วไป นิยมใช้รถกระบะ เนื่องจากสามารถหาได้ง่าย โดยมีขนาดบรรทุกเท่ากับ 1.50×2.30 เมตร โดยประมาณ

2.6 ระบบผนังสำเร็จรูป

ผลจากการศึกษากรณีศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศ [17]-[19] ระบบผนังสำเร็จรูปเป็นระบบที่ได้รับความนิยมในการก่อสร้างที่พักอาศัยชั่วคราวสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ผลิตในโรงงาน ซึ่งมีน้ำหนักมาก

2) Structure Sandwich Panel เป็นผนังสำเร็จรูป 3 ชั้น และมีการใช้แพร่หลายในการสร้างบ้านสำเร็จรูป ซึ่งมีส่วนประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ วัสดุปิดผิวด้านนอก วัสดุแกน และวัสดุปิดผิวด้านใน วัสดุที่นิยมนำมาใช้ได้แก่ แผ่นเมทัลชีท แผ่นโฟม ไฟเบอร์ซีเมนต์ วัสดุอื่นที่สามารถนำมาประยุกต์ได้ เช่น ไม้อัดกันน้ำ และไม้อัดซีเมนต์ เป็นต้น โดยทั่วไปจะใช้แผ่นโฟมซึ่งเป็นฉนวนกันความร้อนเป็นวัสดุแกน

3) ผนังประกอบโดยใช้โครงเหล็กรีดเย็น (Light Gauge Steel Frame) ในปัจจุบัน มีการพัฒนาเป็นโครงสร้างอาคารขนาดเล็ก ซึ่งมีข้อดี คือ มีน้ำหนักเบาและทนทานต่อการเป็นสนิมได้ดี ระบบรอยต่อนิยมใช้

สลักเกลียวและสกรู และวัสดุอีกประเภทที่นิยมนำมาใช้เป็นโครง คือ ไม้แปรรูป ซึ่งเป็นที่คุ้นเคยของคนไทย โดยวัสดุทั้ง 2 ประเภทมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การศึกษาเพื่อออกแบบและก่อสร้างอาคารต้นแบบที่พักอาศัยชั่วคราวสำหรับผู้ประสบภัย

1. ศึกษาปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการช่วยเหลือผู้ประสบภัยและปัจจัยของที่พักอาศัยชั่วคราวสำหรับการบรรเทาทุกข์แก่ผู้ประสบภัยเนื่องจากภัยธรรมชาติ จากการศึกษากรณีศึกษาของบ้านแก่งโตน จ.เพชรบูรณ์ บ้านห้วยขมิ้น จ.พังงา และบ้านคลองแห้ง จ.กระบี่

2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและหลักเกณฑ์การออกแบบเพื่อนำไปพิจารณาทางเลือกในการออกแบบที่พักอาศัยชั่วคราว

3. ออกแบบอาคารต้นแบบที่พักอาศัยชั่วคราว ซึ่งประชาชนทั่วไปสามารถสร้างได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติ เพื่อใช้ในการศึกษาและปรับปรุงรูปแบบของอาคาร

4. สร้างแบบจำลองข้อต่อและชิ้นส่วนประกอบของอาคารที่พักอาศัยชั่วคราว เพื่อประเมินทางด้านความเป็นไปได้การผลิต โดยการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งาน

5. สร้างอาคารต้นแบบขนาดเท่าจริง 1 หลังโดยมีการบันทึกภาพและเก็บข้อมูลรายละเอียดในทุกขั้นตอนของการประกอบและติดตั้งไว้เป็นหลักฐาน

3.2 การทดสอบอาคารต้นแบบที่พักอาศัยชั่วคราว

1. ทำการทดสอบส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารต้นแบบที่พักอาศัยชั่วคราวโดยใช้แรงงานจำนวน 2 คน และ 3 คน เป็นผู้ทดสอบ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบชิ้นส่วนและข้อต่อ การขนย้าย การประกอบและการรื้อถอน

2. ทำการวิเคราะห์และประเมินประสิทธิผลของการใช้งานอาคารต้นแบบในด้านต่างๆ ได้แก่ พื้นที่ใช้สอย ระบบประสานทางพิกัด การขนส่ง ระบบข้อต่อ การประกอบ การรับน้ำหนัก และต้นทุน

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการศึกษาที่พักอาศัยชั่วคราว ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทย

ผลจากการศึกษาและลงพื้นที่ประสบภัย และจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับกรณีศึกษาในต่างประเทศ สามารถสรุปหลักเกณฑ์ออกแบบเบื้องต้นดังนี้

1. มีพื้นที่อาคารที่เหมาะสมกับวิถีชีวิตของคนไทยสำหรับพักอาศัย 2 คน โดยแบ่งออกเป็นพื้นที่ภายในและพื้นที่ภายนอกดังนี้

พื้นที่ภายในควรมีขนาดไม่ต่ำกว่า 4.68 ตารางเมตร (มีความกว้างของแต่ละด้านไม่ต่ำกว่า 1.80 เมตร) โดยวิเคราะห์จากพื้นที่ใช้งานสำหรับผู้พักอาศัย 1 ครอบครัว ใช้พื้นที่นอน 2.40×1.70 เมตร พื้นที่ตู้เสื้อผ้า 0.90×1.20 เมตร พื้นที่เก็บของ 0.90×1.20×1.80 เมตร

พื้นภายนอก (มีชายคากันแดดและฝน) ใช้สำหรับปรุงอาหาร 0.90×0.90 เมตร และที่วางของอุปกรณ์ขนาด 0.90×0.90 เมตร

เมื่อนำพื้นที่ทั้งภายในและภายนอกรวมกัน ได้พื้นที่การใช้งาน 4.30×1.20 เมตร แต่เมื่อนำไปประยุกต์กับขนาดวัสดุ ซึ่งมีขนาดพิกัดที่เหมาะสม คือ 3.60×1.20 เมตร ซึ่งใช้วัสดุพื้นทั้งหมด 3 แผ่น และพื้นที่ด้านในยังสามารถใช้เพียงพอต่อการใช้ชีวิตประจำวัน

2. สามารถกันแดดและความร้อนได้ดี คือมีหลังคาคลุมตัวอาคาร และจำเป็นต้องเป็นวัสดุที่กันความร้อนได้ดี เนื่องจากสภาพอากาศของประเทศไทยมีแสงแดดที่แรงตลอดทั้งวันและวิถีการดำเนินชีวิตของคนในปัจจุบันแตกต่างกัน บางคนต้องทำงานในเวลากลางคืนและใช้ชีวิตอยู่ที่พักอาศัยในเวลากลางวัน

3. ชายคายื่นยาวและระบายน้ำได้ดี

4. ใช้ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ที่มีจำนวนชิ้นส่วนน้อยที่สุดมีขนาดพอที่จะสามารถขนย้ายและประกอบได้โดยคนเพียง 2-3 คน

1) พื้นอาคารควรยกสูงจากพื้นดินเพื่อป้องกันความชื้น

ซึ่งมีผลต่อการเสื่อมสภาพของวัสดุ

2) สามารถผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรมเพื่อความรวดเร็วและลดต้นทุนการผลิต

3) สามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานได้ เช่น การนำมาต่อกันเพื่อเพิ่มลดขนาดการใช้งาน ได้โดยไม่เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแต่หลัง

4) สามารถถอดชิ้นส่วนต่าง ๆ เพื่อจัดเก็บและนำกลับมาใช้ใหม่ได้

4.2 การวิเคราะห์ปัจจัยในการออกแบบเบื้องต้น

4.2.1 การวิเคราะห์โครงสร้างอาคาร

จากการศึกษาวัสดุในการประกอบอาคารหลายชนิด ได้แก่ แผ่นประกบโฟม โครงสร้างเหล็ก และโครงสร้างไม้ จากผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ระบบผนังเป็นโครงสร้างสำหรับอาคารที่พักชั่วคราว ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

แผ่นประกบโฟมมีต้นทุนต่ำและมีความคุ้มค่าในระยะแรก เนื่องจากมีน้ำหนักเบา และราคาถูก แต่การนำกลับไปใช้ใหม่จะมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างเหล็กและไม้ เนื่องจากโครงเหล็กและไม้สามารถซ่อมแซมเฉพาะจุดที่เสียหายได้ง่าย อีกทั้งชาวบ้านสามารถนำเอาวัสดุที่ชาวบ้านคุ้นเคยนำมาประยุกต์ใช้ได้ง่าย

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ระบบพื้นและผนังของอาคาร

ระบบพื้นอาคารที่นิยมเป็นวัสดุแผ่นแข็งหนา 1.5 ถึง 2.0 ซม. วางบนโครงสร้างเหล็กหรือไม้ ซึ่งมีระยะห่าง 40 ถึง 60 ซม. เพื่อให้สามารถรับน้ำหนัก และป้องกันการยุบตัวของพื้น โดยมีการกำหนดความสำคัญของการเลือกระบบพื้นตามประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1) ระบบพื้นสำเร็จรูปมีความเหมาะสมในการติดตั้งบนระบบโครงสร้างและ สามารถใช้รับน้ำหนักได้อย่างปลอดภัย

2) การกำหนดระบบพิกัดของผนังและพื้น โดยมีขนาดเท่ากับ 1.2×2.4 เมตร โดยชิ้นส่วนผนังและพื้นควรมีขนาดเท่ากันและสามารถใช้แทนกันได้

3) พื้นที่การใช้งานภายในไม่น้อยกว่า 4.68 ตารางเมตร (มีความกว้างแต่ละด้านไม่ต่ำกว่า 1.80 เมตร)

4) การเลือกใช้วัสดุเพื่อใช้เป็นโครงสร้างหลัก ผนัง พื้น และหลังคา ควรพิจารณาถึงความสะดวกและไม่ซับซ้อนในการประกอบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

4.3 ผลการวิเคราะห์อาคารต้นแบบ

การออกแบบและก่อสร้างที่พักอาศัยชั่วคราวขนาดเท่าจริงเพื่อศึกษาและทดสอบการประกอบ การขนย้าย การใช้งาน และการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับกรณีศึกษาต่าง ๆ มีปัจจัยในการพัฒนา ดังนี้

1) ราคาค่าก่อสร้างไม่เกิน 50,000 บาท

2) ความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ

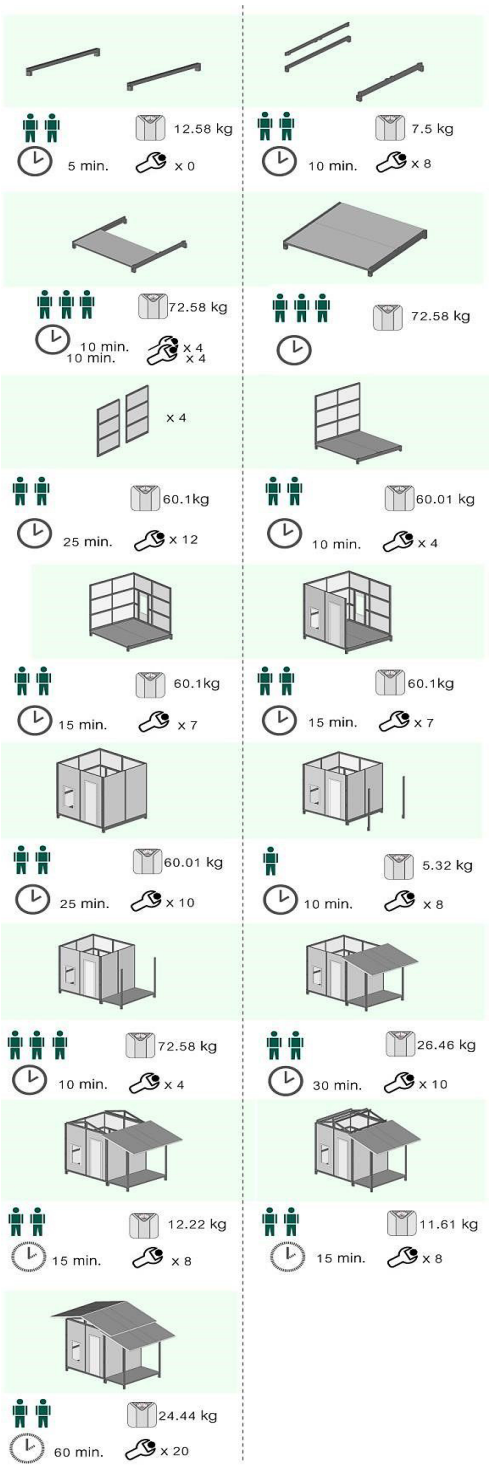
3) การขนย้ายได้โดยยานพาหนะขนาดเล็ก

4) จำนวนชิ้นส่วนสำเร็จรูป

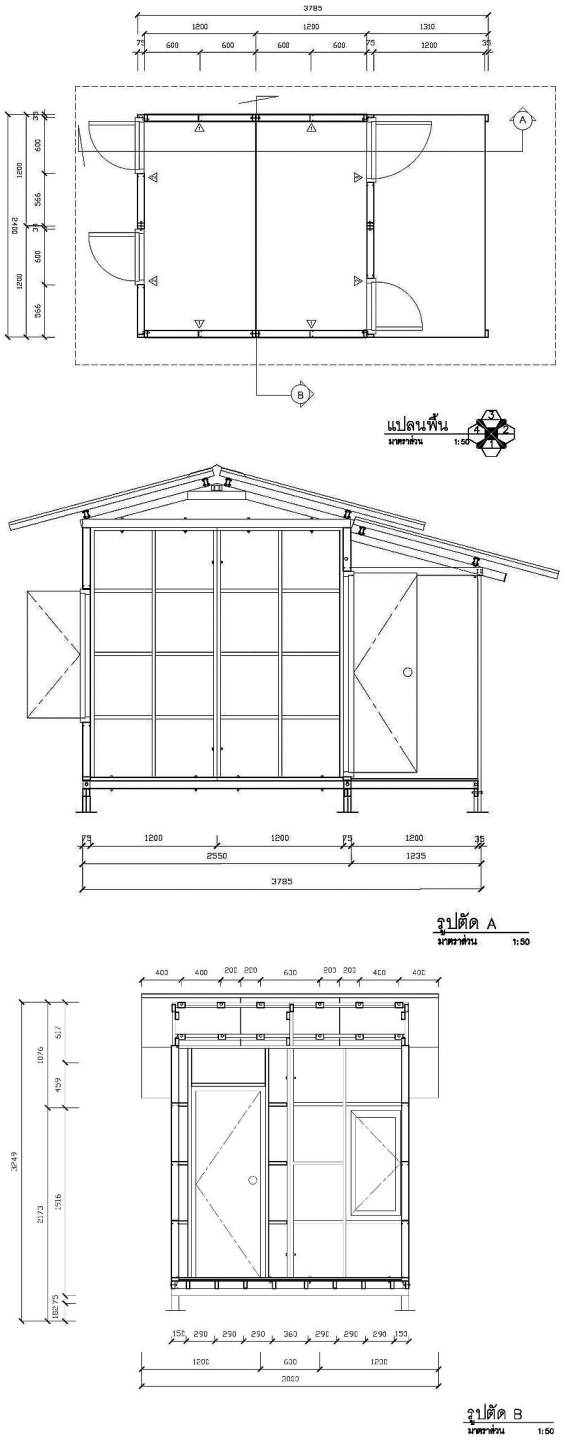
5) ระยะเวลาในการประกอบ

6) การกันความร้อนของอาคาร

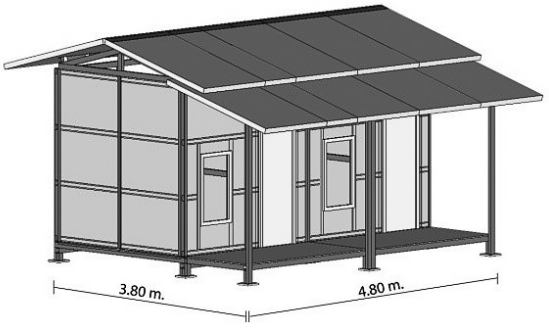
อาคารต้นแบบ มีขนาด 2.40×3.60 เมตร โดยแบ่งพื้นที่สำหรับการใช้งานภายในและภายนอก พื้นที่ภายในอาคาร มีขนาด 2.40×2.40 เมตร พื้นที่ภายนอกมีขนาด 1.20×2.40 เมตร ซึ่งเพียงพอต่อผู้พักอาศัย 2-3 คน และสามารถประกอบได้ภายในเวลา 4- 6 ชั่วโมง โดยใช้แรงงานจำนวน 3 คน ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปของอาคารประกอบด้วย 1) โครงอาคารใช้ชิ้นส่วนเหล็กรีดเย็นชุบสังกะสี 2) ผนังใช้วัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ 3) หลังคาใช้แผ่นเมทัลชีทที่มีฉนวนโฟมปิดทับ ซึ่งสามารถกันความร้อนได้ดี วัสดุสำเร็จรูปแต่ละชิ้นมีน้ำหนักไม่เกิน 50 กิโลกรัม และมีขนาดไม่เกิน 1.20×2.40 เมตร ซึ่งเป็นขนาดสำหรับแรงงาน 2 คน สามารถขนย้ายได้ง่าย โดยรูปที่ 2 แสดงขั้นตอนและระยะเวลาที่ใช้ในการประกอบ รูปที่ 3 แสดงแบบแปลน และรูปตัดของอาคารต้นแบบที่พักอาศัยชั่วคราวระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป และในกรณีที่จำนวนผู้พักอาศัยต่อครอบครัวมีจำนวนมาก ก็สามารถนำชิ้นส่วนมาติดตั้งเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มพื้นที่การใช้งานดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งได้เพิ่มพื้นที่ใช้สอยเป็นสองเท่า



รูปที่ 2 ขั้นตอนการก่อสร้างที่พักอาศัยชั่วคราวต้นแบบ



รูปที่ 3 แบบสถาปัตยกรรมของอาคารต้นแบบที่พักอาศัยชั่วคราว



รูปที่ 4 อาคารที่พักอาศัยชั่วคราวระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีการต่อเติมพื้นที่ใช้สอย

ผลการศึกษาแนวทางการออกแบบที่พักอาศัยชั่วคราวในการวิจัยนี้ พบว่า อาคารต้นแบบมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ต่อการช่วยเหลือผู้ประสบภัย เนื่องจากมีราคาไม่สูง สามารถขนส่งได้ง่าย การประกอบทำได้อย่างรวดเร็ว และสามารถตอบรับกับวิถีชีวิตพื้นฐานของผู้ประสบภัยได้

5. สรุป

จากผลการศึกษากรณีศึกษาของที่พักอาศัยชั่วคราวระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ทฤษฎีการบรรเทาภัยพิบัติ การออกแบบเบื้องต้นโดยการสังเคราะห์กรณีศึกษา การวิเคราะห์ปัจจัยในการออกแบบจากการลงพื้นที่ และการออกแบบอาคารต้นแบบภายใต้พื้นฐานระบบประสานทางพิกัดกับวัสดุที่เหมาะสมในการใช้งาน งานวิจัยนี้สามารถสรุปผลการวิจัยและแนวทางการออกแบบที่พักอาศัยชั่วคราวระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ได้ดังต่อไปนี้

5.1 ปัจจัยในออกแบบที่พักอาศัยชั่วคราวระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ปัจจัยพื้นฐานสำหรับการออกแบบที่พักอาศัยชั่วคราว ที่ศึกษาจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง กรณีศึกษา และการลงพื้นที่ สรุปได้ดังนี้

1) พื้นที่การใช้งานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนภายในอาคาร ภายนอกอาคาร

2) สามารถกันแดดและป้องกันความร้อนได้ดี

3) ชายคายื่นยาว ระบายน้ำได้ดีและทำจากวัสดุที่สามารถทนน้ำได้

4) ใช้ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีจำนวนชิ้นส่วนน้อยที่สุดและมีขนาดที่สามารถขนย้ายและประกอบได้โดยใช้แรงงาน 2-3 คน

5) พื้นอาคารควรยกสูงจากพื้นดิน

6) สามารถผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรมเพื่อความรวดเร็วและลดต้นทุนการผลิต

7) สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

8) ระยะเวลาในการอยู่อาศัยในที่พักอาศัยชั่วคราวควรอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 1 เดือน ถึง 1 ปี

5.2 การใช้วัสดุที่เหมาะสมกับที่พักอาศัยชั่วคราวระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ในการวิจัยในครั้งนี้ใช้วัสดุโครงเหล็กรีดเย็นชุบสังกะสี เนื่องจากมีราคาถูก สามารถรับน้ำหนักได้ดี และมีความทนทานต่อสนิมและหาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาดในประเทศไทย ซึ่งวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการนำมาสร้างที่พักอาศัยชั่วคราวระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ยังมีอีกหลายประเภท ทั้งนี้ การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างควรมีข้อพิจารณาในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) ควรศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุก่อนการออกแบบ เพื่อสามารถออกแบบให้เกิดความประหยัดและคุ้มค่ามากที่สุด

2) เลือกใช้วัสดุที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด จะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนวัสดุ และลดต้นทุนค่าก่อสร้าง

3) กำหนดคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาใช้ เช่น การรับน้ำหนัก ความทนทานต่อสภาพแวดล้อม และต้นทุน เป็นต้น และพิจารณาวัสดุที่เหมาะสม 2 ถึง 3 ชนิด เพื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ

4) พิจารณาข้อดีและข้อเสียของวัสดุแต่ละชนิด

5) ออกแบบที่พักอาศัยชั่วคราวตามเกณฑ์การออกแบบและชนิดของวัสดุที่กำหนดไว้ แล้วนำมาเปรียบในด้านต่าง ๆ เพื่อให้ได้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด

5.3 การออกแบบที่พักอาศัยชั่วคราวระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

การออกแบบที่พักอาศัยชั่วคราวระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป มีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1) เลือกวัสดุที่นำมาใช้เป็นโครงสร้างอาคารและผนังเพื่อกำหนดสัดส่วนของอาคาร

2) กำหนดระบบพิกัดจากวัสดุที่เลือกนำมาใช้ เพื่อใช้งานวัสดุให้มีความคุ้มค่ามากที่สุด และกำหนดระบบพิกัดพื้นฐานเพื่อความสะดวกในการออกแบบ

3) ออกแบบระบบโครงสร้างของอาคารเพื่อความสะดวกในการประกอบและมีความทนทาน

4) ออกแบบระบบหลังคาที่เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ

5) เลือกใช้วัสดุสำหรับการกันความร้อน และออกแบบการระบายอากาศของอาคาร

6) ออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปและกำหนดจุดเชื่อมต่อที่แม่นยำ เพื่อให้สามารถสั่งชิ้นส่วนจากโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนแต่ละประเภท

7) จัดทำแบบก่อสร้างเพื่อตรวจสอบระยะและรอยต่อในการประกอบชิ้นส่วน

5.4 การนำไปใช้งานในอนาคต

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางการออกแบบที่พักอาศัยชั่วคราวระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเพื่อการบรรเทาภัยพิบัติ โดยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้งานในอนาคต ดังต่อไปนี้

1) งานวิจัยนี้เลือกใช้วัสดุประเภทเหล็กรีดเย็นชุบสังกะสี และแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุโครงสร้าง เนื่องจากมีราคาไม่แพง น้ำหนักเบาและทนทานต่อสภาพแวดล้อม สำหรับงานวิจัยในอนาคต หากมีวัสดุประเภทอื่นที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ดี และสามารถใช้งานเป็นทั้งผนังและโครงสร้างรับน้ำหนักได้ จะช่วยให้การผลิตและการประกอบติดตั้งมีความสะดวกมากขึ้น

2) การพัฒนาระบบรอยต่อของชิ้นส่วนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จะสามารถลดเวลาในการประกอบและทำให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในการนำไปใช้ช่วยเหลือผู้ประสบภัย

3) การผลิตชิ้นส่วนอาคารในระบบอุตสาหกรรมจะส่งผลให้อาคารที่พักอาศัยชั่วคราวมีคุณภาพตามมาตรฐาน ลดต้นทุนในการผลิต และลดจำนวนแรงงานที่ใช้ในการประกอบชิ้นส่วนอาคารในพื้นที่ภัยพิบัติ

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนันสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2555

เอกสารอ้างอิง

[1] C. Johnson, “Impacts of prefabricated temporary housing after disasters: 1999 earthquakes in Turkey,” *Habitat International*, vol. 31, no. 1, pp. 36-52, 2007.

[2] G. Lizarralde, C. Johnson, and C. Davidson, *Rebuilding after disasters: From emergency to sustainability*, New York: Taylor & Francis, 2009.

[3] H. Arsian, “Re-design, re-use and recycle of temporary houses,” *Building and Environment*, vol. 42, no. 1, pp. 400-406, 2007.

[4] N. Photchananuwat, “Design guideline for prefabricated temporary housing for disaster rehabilitation in Thailand,” Master of Architecture Thesis, Thammasat University, Bangkok, Thailand, 2010 (in Thai).

[5] Bluepeak, (2008). *Mangolia yurt*. [Online]. Available: http:// www.bluepak.net

[6] Architecture for humanity, (2004). *Global Village Shelter*. [Online]. Available: http://www.architecturefoehumanity.org

[7] World shelter, (2010). *translational shelter.* [Online]. Available: http://www.ubershelter.org

[8] Versi-Panel, (2009). *Defense-shelter assembly.*

[Online]. Available: http://www.versi-panelenclose.com

[9] NewHouse R&D, (2008). *Deca dome.* [Online]. Available: http://www.decadome.com

[10] Creative composite solution, (2010). *CCS Government*. [Online]. Available: http://www.ccsproduct.com

[11] Tiny House Living, (2010). *Flat pack Haiti house.* [Online]. Available: http://www.tinyhouseliving.com

[12] R. Smith, *Prefab architecture: A guide to Modular Design and Construction*, New York: Wiley, 2010.

[13] T. Sararit, "Compact modular house design for Bangkok," Master of Architecture Thesis, Thammasat University, Bangkok, Thailand, 2010 (in Thai).

[14] S. Krichnavaruk, "Temporary housing design technique in rapid process with prefabricated steel construction," Master of Architecture Thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 2004 (in Thai).

[15] C. Tantasawasdi, P. Lertwatanaruk, and K. Tochaiwat, *The synthesis of knowledge related to the housing design and construction technology for application to National Housing Authority (NHA)'s projects*, Bangkok, Thailand: National Housing Authority, 2010.

[16] G. Guarnacci, "Governance for sustainable reconstruction after disasters: Lessons from Nias, Indonesia," *Environmental Development*, vol. 2, pp. 73-85, 2012.

[17] C. Puvanant, P. Mahattanatawe, D. Mongkolsawat, K. Jitkhajornwanich, and K. Poovanant, *A study on the prospect of introducing the application of structural sandwich panel construction for energy housing in Thailand*, Nakorn Pathom, Thailand: Silpakorn University, 2007.

[18] S. Kieran and J. Timberlake, *Refabricating Architecture: How manufacturing methodologies are poised to transform building construction*, New York: McGraw-Hill, 2004.

[19] M. Imperadori, G. Salvalai, and C. Pusceddu, "Air shelter house technology and its application to shelter units: the case of scaffold house and cardboard Shelter installations," *Procedia Economics and Finance*, vol. 18, pp. 552-559, 2014.