

วัสดุทดแทนจากเศษคอนกรีตบล็อกมวลเบาชนิดอบไอน้ำ เพื่อการออกแบบที่อยู่อาศัย
SUBSTITUTE MATERIALS FROM WASTE AUTOCLAVED AERATED
CONCRETE BLOCKS FOR RESIDENCE DESIGN

ธีรายุธิ์ เศรษฐภักดี^{1*} และเกียรติศักดิ์ เขียวมั่ง¹ และบุญเชิด หนูอิม²
theerayu srethapakdi¹, kriangsak khiaomang¹ and booncherd nu-im²
nummon13@gmail.com, Kraingsak_k@yahoo.com, and booncher@buu.ac.th

¹สาขาวิชาทัศนศิลป์และการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี 20131
visual art and design, faculty of fine & applied arts, burapha university, Chon Buri 20131 Thailand
²ภาควิชาสังคมวิทยา คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี 20131
sociology, faculty of humanities and social science, burapha university, Chon Buri 20131 Thailand

*Corresponding Author E-mail: nummon13@gmail.com

(Received: November 6, 2018; Revised: November 30, 2018; Accepted: January 7, 2019)

ABSTRACT

The objective of this research was to design a unique residence in Thai house in the central region by using renewable materials in line with eco-design guidelines. Experiments on renewable materials for housing construction and decoration were to bring the autoclaved aerated concrete blocks (ACC), which damaged from the manufacturing process for grinding to produce as a substitute material containing ingredients: cement: fine sand: light weight concrete block crushed. It was found that the ingredients that were possible to be developed into building parts were the ingredients# 19, 21, 28, and 36, with the ratio of cement: fine sand: light weight concrete block equal to 1: ¼: ¾, 1: 0: 1, 1: 0: 2 and 1: 0: 3, respectively. The ingredient#19 could be developed for the production of tile roofs, concrete blocks and building walls, whereas the ingredient# 21 could be developed to produce tile roofs and building walls. Also, the ingredient# 28 and 36 could be developed to produce building walls. In terms of design, there was a design guideline by introducing the characteristics of Thai house in the central region, which was the enclosure space style building by using the circulation to separate each area, tall window and vertical building pattern, which was with the natural light from the vertical. Maintaining the base was by using the difference in the proportion of translucent and opaque materials as well as patterns occurring on building shell materials. Building pillars were 4 meters apart of poles to maintain the height of the building.

Keywords: substitute materials; eco design; lightweight concrete

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบที่พักอาศัยที่มีเอกลักษณ์ของสถาปัตยกรรมเรือนไทยภาคกลางโดยการใช้วัสดุทดแทนที่สอดคล้องกับแนวทางการออกแบบเชิงนิเวศ การทดลองด้านวัสดุทดแทนเพื่อก่อสร้างและตกแต่งที่อยู่อาศัย มีวัตถุประสงค์เพื่อนำคอนกรีตบล็อกมวลเบาชนิดอบไอน้ำที่เสียหายจากกระบวนการผลิต นำมาบดเพื่อผลิตเป็นวัสดุทดแทนที่มีส่วนผสมคือ ปูนซีเมนต์ : หินทรายละเอียด : คอนกรีตบล็อกมวลเบาบด พบว่าส่วนผสมที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาพัฒนาเป็นชิ้นส่วนอาคารได้คือ ส่วนผสม 19, 21, 28, และ 36 โดยมีอัตราส่วนของ ปูนซีเมนต์ : หินทรายละเอียด : คอนกรีตบล็อกมวลเบาบด เท่ากับ 1 : ¼ : ¾ , 1 : 0 : 1 , 1 : 0 : 2 และ 1 : 0 : 3 ตามลำดับ โดยส่วนผสมที่ 19 มีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาเพื่อผลิตเป็นวัสดุประเภท กระเบื้องหลังคา คอนกรีตบล็อก ผนังอาคาร ส่วนผสมที่ 21 มีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาเพื่อผลิตเป็นวัสดุประเภท

กระเบื้องหลังคา ผนังภายใน ขณะที่ส่วนผสมที่ 28 และ 36 มีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาเพื่อผลิตเป็นวัสดุประเภทผนังภายใน ในส่วนของการออกแบบมีแนวทางการออกแบบโดยการนำลักษณะของเรือนไทยภาคกลางที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ปิดล้อมพื้นที่ใช้งานแต่ละส่วนเป็นอิสระจากกัน โดยการใช้ circulation แยกพื้นที่ หน้าต่างทรงสูง ลวดลายอาคารแนวตั้ง มีการรับแสงธรรมชาติจากแนวตั้ง รักษาทรงใต้ถุนด้วยการใช้ความแตกต่างทางด้านสัดส่วนของวัสดุที่โปร่งแสงและทึบแสง ตลอดจนลวดลายที่เกิดขึ้นบนวัสดุเปลือกอาคาร เสาอาคารใช้ระยะเสา 4 เมตรเพื่อรักษาทรงสูงของอาคาร

คำสำคัญ: วัสดุทดแทน อิโคตีไซน์ คอนกรีตมวลเบา

2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เรือนไทยเป็นสถาปัตยกรรมที่มีเอกลักษณ์ของประเทศ ถูกสร้างขึ้นให้สอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและการใช้ชีวิตของผู้อยู่อาศัย โดยทั่วไปแล้วเรือนไทยโดยเฉพาะเรือนเครื่องสับจะสร้างขึ้นจากวัสดุจำพวกไม้ แต่ในปัจจุบันไม่ได้กลายเป็นวัสดุที่มีราคาสูง และเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ควรอนุรักษ์ไว้เพื่อประโยชน์ทางด้านสภาพแวดล้อม ประกอบกับรูปแบบการใช้ชีวิตของผู้คนที่เปลี่ยนไป ส่งผลให้มีการสร้างเรือนไทยลดลง และมีการสร้างอาคารในรูปแบบอื่นที่มีองค์ประกอบไม่เหมาะสมกับธรรมชาติ และสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยมากขึ้น จึงทำให้เกิดปัญหาความไม่สอดคล้องกันระหว่างอาคารกับสภาพภูมิอากาศ

ในปัจจุบันมีกลุ่มคนที่ให้ความสนใจและให้ความสำคัญทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมาก จึงมีแนวคิดการออกแบบที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด เช่นการนำวัสดุเหลือใช้มาแปรรูป ซึ่งอุตสาหกรรมการผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาก็เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีวัสดุเหลือใช้เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งคอนกรีตบล็อกมวลเบาที่เสียหายระหว่างกระบวนการผลิต โดยในกรณีที่หากว่าผู้ผลิตบางรายมีอัตราการผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาใน 1 ปีประมาณ สองล้านตารางเมตร หากมีอัตราการสูญเสียในอัตราร้อยละ 1 จะเท่ากับว่ามีการสูญเสียคอนกรีตบล็อกมวลเบาประมาณ สองหมื่นตารางเมตร ประกอบกับปัจจุบันการเริ่มมีความนิยมในการสร้างบ้านด้วยระบบสำเร็จรูป โดยเป็นการผลิตชิ้นส่วนอาคารสำเร็จรูปจากโรงงานแล้วจึงนำมาประกอบตรงพื้นที่ก่อสร้างในภายหลัง ซึ่งมีข้อดี คือ มีความรวดเร็วในการก่อสร้าง ได้งานที่มีคุณภาพ และมีการสร้างมลพิษน้อย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นคุณค่าและความสำคัญของเรือนไทยในฐานะสถาปัตยกรรมที่มีความเป็นเอกลักษณ์ของประเทศ มีความสอดคล้องกับการใช้ชีวิตของผู้อยู่อาศัย และเป็นที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ นำมาศึกษาเพื่อปรับใช้ร่วมกันกับระบบการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูป ภายใต้แนวความคิดการใช้วัสดุทดแทนที่แปรรูปจากคอนกรีตบล็อกมวลเบาที่เสียหายระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อความสอดคล้องกับแนวทางการออกแบบเชิงนิเวศ และเป็นแนวทางการออกแบบที่อยู่อาศัยที่มีความเป็นเอกลักษณ์

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 3.1 เพื่อศึกษาด้านการออกแบบพื้นที่ของเรือนไทยภาคกลาง
- 3.2 เพื่อศึกษาและทดลองวัสดุทดแทนเพื่อการก่อสร้างและตกแต่งที่อยู่อาศัย
- 3.3 เพื่อนำผลการศึกษาด้านการออกแบบพื้นที่ของเรือนไทยภาคกลาง และผลการทดลองวัสดุทดแทน เป็นแนวทางการออกแบบที่อยู่อาศัยทรงไทยประยุกต์

4. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.1 คอนกรีต

จากการศึกษา Piti Sukontasukkul [1] ผู้วิจัยสรุปเนื้อหาเกี่ยวกับคอนกรีตได้ดังนี้ คอนกรีตผลิตขึ้นจากส่วนประกอบ 3 ชนิด ได้แก่ 1) ซีเมนต์ 2) มวลรวม โดยทั่วไปจะเป็นวัสดุจำพวกหินและทราย และ 3) น้ำ การที่คอนกรีตจะแปรสภาพเป็นวัสดุแข็งจะเกิดขึ้นได้โดยอาศัยการทำปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์ และน้ำ ซึ่งเรียกว่าปฏิกิริยาไฮเดรชัน เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์จึงจำเป็นต้องมีการรักษาความชื้นไว้ในคอนกรีตด้วยการบ่ม ซึ่งการบ่มคอนกรีตจะมีประสิทธิภาพมากในช่วง 28 วันแรกหลังเทคอนกรีต เนื่องจาก เป็นช่วงเวลาที่เกิดกระบวนการไฮเดรชันมากที่สุด การบ่มทำได้

โดยการใช้ผ้าชุบน้ำคลุมคอนกรีตไว้และคอยเติมน้ำให้สม่ำเสมอ หรือ ใช้วิธีการป้องกันการสูญเสียน้ำโดยการใช้แผ่นพลาสติก หรือ กระดาษคลุมไว้เพื่อป้องกันการระเหยออกของน้ำ

4.2 มวลรวมในคอนกรีต

จากการศึกษา Piti Sukontasukkul [1] ผู้วิจัยสรุปเนื้อหาเกี่ยวกับมวลรวมได้ดังนี้
มวลรวมจำแนกตามขนาดได้ดังนี้

1. มวลรวมละเอียด (Fine aggregates) โดยมากเป็นวัสดุจำพวกทราย มีขนาดเล็กกว่า 5 มม.
2. มวลรวมหยาบ (Coarse aggregates) โดยมากเป็นวัสดุจำพวกหิน กรวด ขนาดมากกว่า 5 มม.

โดยมวลรวมที่มีลักษณะเป็นรูปทรงเป็นเหลี่ยมคมสูงจะส่งผลให้คอนกรีตมีความสามารถในการเทต่ำ แต่จะมีแรงยึดเหนี่ยวสูง ในขณะที่มวลรวมที่มีลักษณะกลมมันจะมีความสามารถในการเทสูง

4.3 คอนกรีตมวลเบา

จากการศึกษา Piti Sukontasukkul [2] ผู้วิจัยสรุปเนื้อหาเกี่ยวกับคอนกรีตมวลเบา ได้ดังนี้ คอนกรีตมวลเบา หมายถึงคอนกรีตที่มีน้ำหนักเบาว่าคอนกรีตทั่วไป สามารถผลิตได้โดยการใส่วัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำหรือความพรุนสูงลงในเนื้อคอนกรีต หรือใช้ฟองอากาศแทนที่เนื้อคอนกรีตบางส่วน โดยคอนกรีตมวลเบาชนิดเซลลูลาร์เป็นคอนกรีตมวลเบาที่เกิดจากการเติมฟองอากาศจำนวนหนึ่งเข้าไปแทนที่เนื้อคอนกรีตจึงทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบาเมื่อแข็งตัว

4.4 เปรียบเทียบทรายละเอียดกับเศษคอนกรีตบดมวลเบาบดละเอียด

การวิจัยนี้เป็นการนำเศษคอนกรีตบดมวลเบาที่เสียหายมาบดละเอียดเพื่อใช้เป็นมวลรวมในการผลิตวัสดุทดแทน ดังนั้นในเบื้องต้นจึงเป็นการศึกษาลักษณะของทางกายภาพของเศษอิฐมวลเบาบดละเอียดโดยเปรียบเทียบกับทรายละเอียด

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบทรายละเอียดกับเศษคอนกรีตบดมวลเบาบดละเอียด

ชนิดวัสดุ	สี	น้ำหนัก (ต่อ 1 หน่วย)	รูปทรง	การตกตะกอน ของมวลรวมเมื่อผสมกับน้ำ
ทรายละเอียด	สีเหลือง	≈ 0.8 กิโลกรัม	ทรงกลมมีเหลี่ยมมุมเล็กน้อย	มีการตกตะกอน
เศษอิฐมวลเบา บดละเอียด	สีเทา	≈ 0.4 กิโลกรัม	ทรงกลมมีเหลี่ยมมุมเล็กน้อย	มีการตกตะกอนเล็กน้อย

4.5 ปัจจัยที่ทำให้เกิดลักษณะเรือนไทย

Somphop Phiom [3] ได้กล่าวถึงปัจจัย 7 ประการที่ทำให้เกิดลักษณะเรือนไทยโดยแยกอธิบายเป็น 9 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย รวมบางหัวข้อที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน เป็นเนื้อหาดังนี้

- เพื่อตอบสนองประโยชน์ใช้สอยตามความเป็นอยู่อย่างสบายและง่าย เห็นได้จากการวางผังที่ไม่ซับซ้อนมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉากง่ายๆ การต่อเติมก็จะใช้วิธีเพิ่มจำนวนเรือน และเชื่อมกันด้วยชาน มีพื้นที่หลายส่วนที่สามารถใช้งานได้

- ป้องกันความอับอากาศ แสงแดด และฝน ปัจจัยนี้ถูกแสดงออกอย่างชัดเจนในการที่เรือนมีหลังคาทรงสูง ซึ่งส่งผลให้อากาศร้อนที่เข้ามาในเรือนจากด้านบนถูกหน้าต่างด้วยพื้นที่ใต้หลังคา วัสดุผนังหลังคา ซึ่งจะมีคุณสมบัติความเย็น และการมีชายคายื่นยาวเพื่อป้องกันฝน และแดด ไม่ให้เข้าตัวเรือน

- ป้องกันน้ำท่วมและสัตว์ที่เป็นอันตราย มีการไถ่ถูนยกให้สูงขึ้น และยังส่งผลให้ตัวเรือนมีรูปทรงที่สวยงามสอดคล้องกับหลังคาทรงสูง

- รับลมและระบายความอับอากาศ วางผังเรือนให้สอดคล้องกับลมประจำทิศ มีการใช้ช่องว่างระหว่างตัวเรือนกับชานเรือน จะช่วยนำความเย็นจากใต้ถุนขึ้นมายังด้านบน

- ต้องการความร่มรื่นจากธรรมชาติ แต่เดิมเรือนไทยจะปลูกอยู่ตามริมแม่น้ำทำให้ได้รับประโยชน์จากการถ่ายเทอากาศกับแหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังได้ประโยชน์ด้านทัศนียภาพที่สวยงาม อีกทั้งพื้นที่ของบ้านในส่วนที่เป็นพื้นดินยังมีการปลูกต้นไม้ให้ความร่มเย็น และอาศัยเงาไม้บังแดด

- การใช้วัสดุท้องถิ่น ทำให้เกิดข้อจำกัดในการใช้งานซึ่งส่งผลไปยังรูปทรง เช่น การใช้ไม้ในการสร้างเรือนโดยธรรมชาติไม่ได้รับแรงกดได้มากกว่าแรงดึง ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้ในแนวดิ่ง ข้อจำกัดทางด้านงานโลหะจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการเข้าลิ้มสลัก เดือยเข้าทดแทน เป็นต้น

- ความอนุรักษ์นิยม ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นรูปทรงเรือนที่หล่อหลอมจากข้อจำกัดทางเทคนิควิธี, พฤติกรรมคน และสภาพแวดล้อมทำให้เรือนไทยภาคกลางมีรูปทรงที่เป็นเอกลักษณ์ พอานวันเข้าก็เกิดเป็นความคุ้นชินทางรูปทรงและเกิดเป็นรูปแบบที่ทำให้เรือนไทยภาคกลางต้องเป็นไปตามรูปแบบที่กลายเป็นแบบแผนและมาตรฐาน

4.6 ความสัมพันธ์ของพื้นที่ว่างในเรือนไทย

จากการศึกษา Rutai Jaijongrak [4] ผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวกับลักษณะของพื้นที่ในเรือนไทยทั้งในส่วนที่เป็นพื้นที่เปิด-ปิด และสรุปที่เกี่ยวข้องออกมาได้ดังนี้

1. ลำดับในการเข้าถึงพื้นที่แต่ละส่วน

การจัดการพื้นที่ว่างในเรือนไทยมีการใช้พื้นที่กึ่งเปิด-กึ่งปิดในการเชื่อมระหว่างพื้นที่ปิด กับพื้นที่เปิด การเรียงลำดับการเข้าถึงพื้นที่จากในเรือนออกสู่นอกเรือนจะมีลักษณะค่อยเป็นค่อยไป ทำให้ความรู้สึกของผู้ใช้งานพื้นที่ไม่ปะทะกับพื้นที่ที่มีความแตกต่างอย่างฉับพลัน

ตารางที่ 2 ลำดับในการเข้าถึงพื้นที่ในเรือนไทย

ระดับความเป็นพื้นที่ เปิด โลง (เรียงลำดับจากน้อยไปหามาก)	ลำดับการเข้าถึงพื้นที่	บทบาทในฐานะตัวเชื่อมพื้นที่
1	ตัวเรือน	-
2	ระเบียง	เชื่อมเรือนกับชานใน
3	ชานใน	-
4	ชานนอก	เชื่อมชานในกับนอกอาคาร
5	นอกอาคาร	-

2. การเชื่อมพื้นที่ในแนวมัง

ทั้งเรือนเดี่ยว และเรือนหมู่ ประกอบด้วยเรือน 2 หลังขึ้นไป (จำนวนที่น้อยที่สุดคือ เรือนนอน และเรือนครัว) โดยมีชานเชื่อมเรือนเข้าหากัน และรั้วล้อมรอบ หากมองในเชิงพื้นที่ โดยให้พื้นที่ของเรือนเป็น positive space และให้พื้นที่เปิดโล่งเป็น negative space แล้วจะพบว่า พื้นที่เปิดโล่งซึ่งเป็น negative space จะถูกบีบให้แบ่งออกเป็นก้อนย่อยๆ โดย positive space หรือเรือนต่างๆ แต่ไม่ใช่การแบ่งให้ขาดจากกันโดยสมบูรณ์แต่ยังมีการเชื่อมกันด้วยพื้นที่ระหว่างเรือน ในขณะที่รั้วของชานก็จะเป็นรั้วที่เป็นซี่ ๆ ดังนั้นพื้นที่ในชานกับพื้นที่นอกเรือนก็ยังไม่ได้ขาดจากกันโดยสมบูรณ์ แต่ยังมีการเชื่อมกันอย่างหลวมๆ

3. การเชื่อมพื้นที่ในแนวรูปด้าน

เรือนไทยในแนวรูปด้านจะมีลักษณะโปร่ง มีระดับใต้ถุนที่สูงเหนือระดับสายตา พื้นของเรือนที่ยกขึ้นในแต่ละจะมีช่องว่างให้สายตามองลอดผ่านได้ ส่งผลให้ผู้ที่ยืนอยู่นอกบริเวณเรือนในระดับพื้นสามารถมองเห็นไปยังอีกฝั่งหนึ่งได้ ในขณะที่ผู้ที่อยู่ข้างบนเรือนก็สามารถมองเห็นทะลุออกมาได้เช่นกัน ดังนั้นเรือนไทยจึงเป็นสิ่งก่อสร้างที่ให้ความรู้สึกเบาและลอย พื้นที่ภายในกับภายนอกมีความเชื่อมโยงอยู่มากจึงส่งผลให้ผู้อยู่อาศัยภายในจะไม่รู้สึกอึดอัด

4.7 แนวทางการติดตั้งชิ้นส่วนอาคาร

Tirdtam Yodprutikarn [5] ได้แบ่งประเภทของโครงสร้างสำเร็จรูปไว้ดังนี้

1. โครงสร้างสำเร็จรูปที่ขึ้นส่วนเป็นโครงสร้างในการรับน้ำหนักของอาคาร

โครงสร้างชนิดนี้ขึ้นส่วน precast concrete จะถูกออกแบบให้รับแรงทั้งหมดที่เกิดขึ้น เช่น น้ำหนักอาคาร แรงลม แรงแผ่นดินไหว แบ่งออกตามประเภทของชิ้นส่วนที่รับน้ำหนักได้ดังนี้

- โครงสร้างสำเร็จรูประบบเสาคาน (Skeleton frame structure) เป็นการใช้ เสา และคานสำเร็จรูปในการถายนํ้าหนักลงสู่ฐานราก

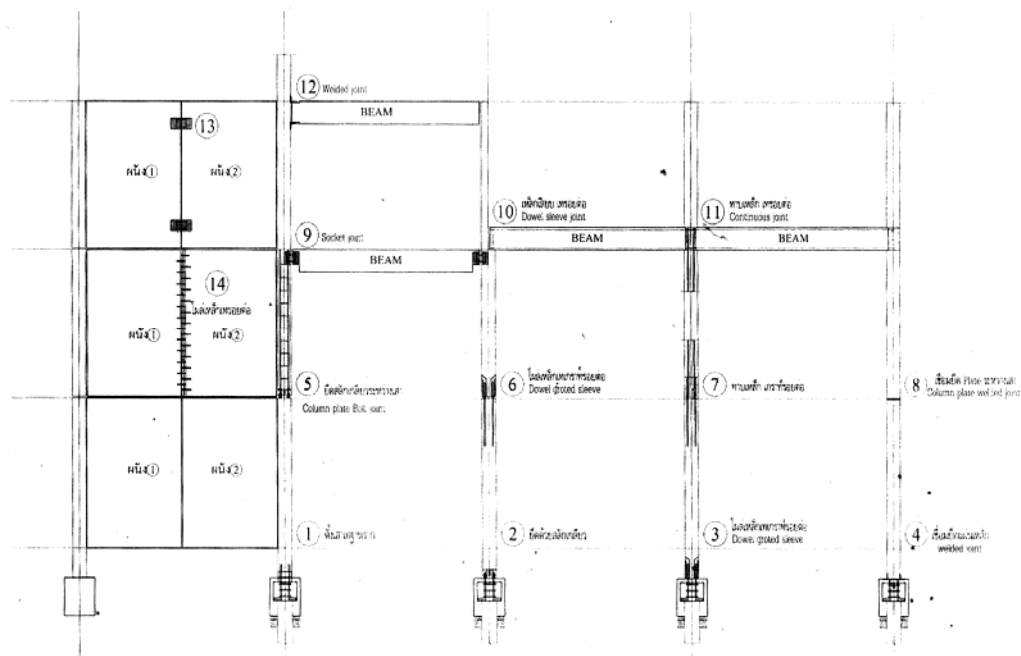
- โครงสร้างสำเร็จรูประบบผนังรับแรง (Load bearing wall structure) เป็นการใช้ผนังสำเร็จรูปในการถ่ายน้ำหนักลงสู่ฐานราก

2. โครงสร้างสำเร็จรูปที่ขึ้นส่วนไม่เป็นโครงสร้างในการรับน้ำหนักของอาคาร

โครงสร้างประเภทนี้ขึ้นส่วนจะรับหน้าที่รับแรงที่เกิดจากชั้นส่วนขึ้นนั้นเองเท่านั้นโดยไม่ต้องทำหน้าที่ในการถ่ายแรงลงสู่ฐานราก โดยมากใช้ในงานผนังภายนอกของอาคารสูง หรือผนังภายใน

ตารางที่ 3 แสดงลักษณะของรอยต่อในโครงสร้างสำเร็จรูป ที่มา: Tirdtam Yodprutikarn [5]

รอยต่อโครงสร้าง	หมายเลข	ประเภทรอยต่อ	วิธีการก่อสร้าง
รอยต่อเสากับฐานราก	1	ยึดแน่น	ตั้งเสาที่ฐานราก
รอยต่อเสากับฐานราก	2	ยึดแน่น	ยึดเสาด้วยสลักเกลียว
รอยต่อเสากับฐานราก	3	ยึดแน่น	โผล่เหล็กแล้วเกรทหรือรอยต่อ
รอยต่อเสากับฐานราก	4	ยึดแน่น	เชื่อม plate เสากับ plate ฐานราก
รอยต่อเสาท่อนบนกับเสาท่อนล่าง	5	ยึดแน่น	ยึดสลักเกลียวระหว่างเสา
รอยต่อเสาท่อนบนกับเสาท่อนล่าง	6	ยึดแน่น	โผล่เหล็กแล้วเกรทหรือรอยต่อ
รอยต่อเสาท่อนบนกับเสาท่อนล่าง	7	ยึดแน่น	ทาบเหล็กแล้วเกรทหรือรอยต่อ
รอยต่อเสาท่อนบนกับเสาท่อนล่าง	8	ยึดแน่น	เชื่อม plate หัวเสากับ plate ตีนเสา
รอยต่อคานกับเสา	9	ไม่ยึดแน่น	ใช้ socket joints
รอยต่อคานกับเสา	10	ไม่ยึดแน่น	ใช้ shear dowel
รอยต่อคานกับเสา	11	ยึดแน่น	ทาบเหล็กแล้วเกรทหรือรอยต่อ
รอยต่อคานกับเสา	12	ยึดแน่น	เชื่อม plate หัวคานกับ plate เสา
รอยต่อผนังกับผนัง	13	ไม่ยึดแน่น	เชื่อม plate รอยต่อ
รอยต่อผนังกับผนัง	14	ยึดแน่น	โผล่เหล็กแล้วเกรทหรือรอยต่อ



รูปที่ 1 ลักษณะของรอยต่อในโครงสร้างสำเร็จรูป ที่มา: Tirdtam Yodprutikarn [5]

จากลักษณะการเชื่อมต่อโครงสร้างสำเร็จรูปข้างต้น การเชื่อมต่อโดยการเชื่อม plate ซึ่งมีการใช้ในรอยต่อผนังกับผนัง และ การใช้ shear dowel ในรอยต่อคานกับเสา มีความเป็นไปได้ในการนำมาพัฒนาใช้ในขั้นตอนการติดตั้งแผ่นผนังในงานวิจัย โดย ใช้การเชื่อม plate ในการเชื่อมเสาอาคารกับผนัง และใช้ shear dowel เชื่อมต่อผนังกับพื้น

4.8 eco design

Pornthip Ruengtham [6] ได้ให้ความหมายของ eco design ไว้ว่า eco design มาจากสองคำรวมกันคือ economic (เศรษฐศาสตร์) และ ecological (นิเวศวิทยา) เมื่อรวมกับ design (การออกแบบ) จึงเรียกว่า eco design เป็นการผนวกแนวคิดด้านเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมเข้าไปในขั้นตอน หรือกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ มีหลักการพื้นฐานคือ 1) การลด (reduce) 2) การใช้ซ้ำ (reuse) 3) การนำกลับมาใช้ใหม่ (recycle) 4) การซ่อมบำรุง (repair)

4.9 สรุปแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.9.1 คอนกรีตผลิตขึ้นจากส่วนประกอบ 3 ชนิด ได้แก่ 1) ซีเมนต์ 2) มวลรวม และ 3) น้ำ โดยคอนกรีตมวลเบาจะมีการใช้ทรายละเอียดเป็นมวลรวม ดังนั้นการวิจัยนี้เป็นการนำเศษคอนกรีตบล็อกมวลเบาที่เสียหาย มาบดละเอียดเพื่อใช้เป็นมวลรวมในการผลิตวัสดุทดแทนที่ ดังนั้นจึงมีการศึกษาลักษณะของทางกายภาพของเศษคอนกรีตบล็อกมวลเบาบดละเอียด โดยเปรียบเทียบกับทรายละเอียด พบว่า เศษคอนกรีตบล็อกมวลเบาบดละเอียดจะมีลักษณะกลมมนเช่นเดียวกับทรายละเอียด ในขณะที่จะมีน้ำหนักเบา และผสมน้ำได้ดี จึงคาดว่าจะมีความสามารถในการเทสูง และมีการนอนกันของมวลรวมที่น้อย

4.9.2 แนวทางการออกแบบที่อยู่อาศัยจากการศึกษาเรือนไทยประเพณีภาคกลาง จากการศึกษาเรือนไทยที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้สรุปลักษณะของ Positive space และ negative space ในเรือนไทยภาคกลางโดยปรับให้สอดคล้องกับแบบบ้านในปัจจุบัน เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางการออกแบบดังนี้

1. สัดส่วนอาคารระหว่างพื้นที่แนวราบกับแนวตั้ง และสัดส่วนของมวลกับพื้นที่ว่าง ในรูปด้านของอาคาร

เรือนไทยประเพณีภาคกลางมีลักษณะเป็นเรือนที่มีการยกใต้ถุนสูงประมาณระดับศีรษะคนส่งผลให้ตัวเรือนมีความรู้สึกลอยประกอบกับรูปทรงของหลังคาทำให้ตัวเรือนมีลักษณะชะลูดขึ้น สัดส่วนของความสูงหลังคา : ความสูงตัวเรือน : ความสูงใต้ถุน : ความกว้างของช่วงเสา คือ 4 : 5 : 4 : 4 โดยประมาณ ซึ่งไม่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้พักอาศัยในปัจจุบันเท่าที่ควร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับสัดส่วนของอาคารใหม่แต่ยังคงรักษาภาพรวมของสัดส่วนอาคารเดิมไว้ โดยองค์ประกอบของอาคารที่จำเป็นต้องปรับสัดส่วนได้แก่

- ระยะเสาอาคาร เพื่อความสอดคล้องกับความต้องการพื้นที่การใช้งาน และมาตรฐานขนาดวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในปัจจุบันโดยเพื่อเป็นการรักษาสัดส่วนของอาคารที่เป็นทรงสูงและมีลักษณะชะลูดขึ้นระยะเสาที่ใช้จึงเป็นระยะ 4 เมตร

- ความสูงของใต้ถุนเรือนเนื่องจากเมื่อเทียบกับที่พักอาศัย 2 ชั้นในปัจจุบันพบว่าการจัดประเภทพื้นที่การใช้งานที่เปลี่ยนแปลงไป พื้นที่ใต้ถุนซึ่งเดิมมีการใช้งานในลักษณะอเนกประสงค์ เช่น นั่งเล่น หรือเก็บอุปกรณ์ทางการเกษตร ก็มีการเพิ่มฟังก์ชันการใช้งาน เช่น ทำอาหาร หรือรับแขก เป็นต้น ดังนั้นจึงมีการเพิ่มความสูงของใต้ถุนจากพื้นถึงใต้ถุนคานให้เป็นระยะ 2.80 เมตร

- ลักษณะของวัสดุผิวอาคารที่ใช้ เนื่องจากพื้นที่ใต้ถุนจะเป็นจะต้องเพิ่มฟังก์ชันการใช้งานทำให้มีความเป็นพื้นที่พักอาศัยมากขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีงานจำพวกเปลือกอาคารเพิ่มขึ้นมา เพื่อเป็นการรักษาลักษณะของใต้ถุนเอาไว้ เปลือกอาคารชั้นล่าง กับชั้นบนจึงไม่ควรกลมกลืนเป็นชิ้นเดียวกันจนเกินไป และควรมีสัดส่วนของวัสดุที่โปร่งแสงมากกว่าทึบแสง ตลอดจนลวดลายที่เกิดขึ้นบนเปลือกอาคาร ช่องแสง และลม ควรเน้นทิศทางในแนวตั้งเพื่อขับให้รูปทรงอาคารยังคงทิศทางที่ชะลูดขึ้น

2. การวางผัง และการเชื่อมโยงพื้นที่ใช้สอย

เรือนไทยเมื่อมองจากภายนอกจะมีลักษณะเป็นพื้นที่ ปิด-เปิด-ปิด คือพื้นที่ปิดล้อมทอหุ้มพื้นที่เปิดแล้วจึงแยกเป็นพื้นที่ปิดย่อยๆ มีการเชื่อมพื้นที่ภายในกับภายนอกอย่างหลวม ๆ ด้วยผิวอาคารโปร่งสลับทึบ การจัดพื้นที่ของเรือนไทยจะแยกพื้นที่ใช้งานออกเป็นห้องๆ แล้วเชื่อมเข้าหากันด้วยชานซึ่งเป็นพื้นที่เปิดโล่งรับแสงธรรมชาติจากแนวตั้ง ดังนั้นพื้นที่การใช้งานแต่ละส่วนจึงเป็นอิสระจากกัน โดยมี circulation แยกพื้นที่การใช้งานซึ่งนอกจากจะเป็นทางเดินแล้วยังเป็นการนำกระแสลมเข้าสู่พื้นที่ต่างๆ อีกด้วย การที่มีเรือนย่อย ๆ หลาย ๆ เรือนทำให้มีการเชื่อมต่อกันของหลังคาซึ่งมีประโยชน์ในแง่ของการลดความร้อนแรงของแดด บังฝน และยังช่วยระบายอากาศขึ้นทางด้านบน และเนื่องจากเรือนไทยมีพื้นที่อยู่ใช้งานหลักอยู่ชั้นบนประกอบกับการวางผังเรือนแบบพื้นที่ปิดล้อม

จากเนื้อหาที่กล่าวมาข้างต้นจึงสามารถสรุปลักษณะของเรือนไทยภาคกลางที่จะนำไปใช้ในการออกแบบอาคารพักอาศัยทรงไทยประยุกต์โดยผู้วิจัยได้ดังนี้

1. อาคารลักษณะพื้นที่ปิดล้อมห่อหุ้มพื้นที่เปิดแล้วจึงแยกเป็นพื้นที่ปิดย่อยๆ พื้นที่ใช้งานแต่ละส่วนเป็นอิสระจากกัน โดยการใช้ circulation แยกพื้นที่
2. หน้าต่างทรงสูง ลวดลายอาคารแนวตั้ง และมีการรับแสงธรรมชาติจากแนวตั้ง
3. รักษาทรงใต้ถุนด้วยการใช้ความแตกต่างทางด้านสัดส่วนของวัสดุที่โปร่งแสงและทึบแสง ตลอดจนลวดลายที่เกิดขึ้นบนวัสดุเปลือกอาคาร ใช้ระยะเสา 4 เมตรเพื่อรักษาทรงสูงของอาคาร

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 กระบวนการทดลอง

1. การทดลองเบื้องต้นด้วยสูตรสามเหลี่ยมด้านเท่า

การทดลองเบื้องต้นเป็นการทดลองด้วยสูตรสามเหลี่ยมด้านเท่าเพื่อหาอัตราส่วนร้อยละของ ซีเมนต์ : ทราย : ละเอียด : คอนกรีตบล็อกมวลเบา โดยมีการพิจารณาจากการประสานตัวของวัสดุ และทดสอบแช่น้ำเป็นเวลา 1 เดือน พบว่าส่วนผสมที่มีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนางานใช้ในงานนอกแบบต่อได้คือ 19, 21, 28 และ 36 โดยมีอัตราส่วนของปูนซีเมนต์ : ทรายละเอียด : คอนกรีตบล็อกมวลเบา เท่ากับ 50 : 20 : 30 , 50 : 0 : 50 , 40 : 0 : 60 , และ 30 : 0 : 70 ตามลำดับ และได้นำส่วนผสมทั้ง 4 สูตรมาทำการปรับปรุงอัตราส่วนเพิ่มเติมได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 รายละเอียดส่วนผสมที่ 19, 21, 28, และ 36

ลำดับการทดลอง	สัดส่วนของวัสดุดิบ		
	ซีเมนต์	ทรายละเอียด	เศษอิฐมวลเบาคละเอียด
19	1	1/4	3/4
21	1	0	1
28	1	0	2
36	1	0	3

โดยส่วนผสมที่ 19 และ 21 มีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาเพื่อผลิตเป็นวัสดุประเภทกระเบื้องหลังคา ผนังอาคาร คอนกรีตบล็อก ในขณะที่ส่วนผสมที่ 28 และ 36 มีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาเพื่อผลิตเป็นวัสดุประเภทผนังอาคารภายใน

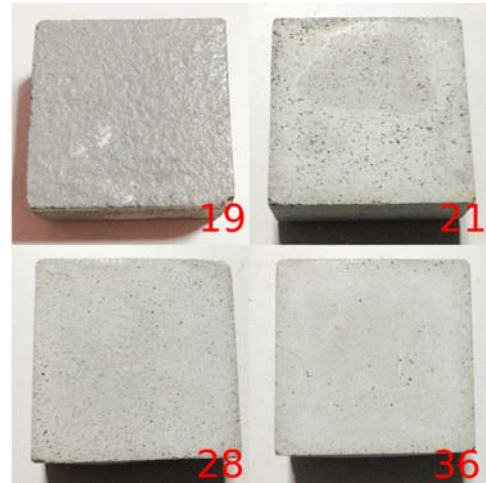
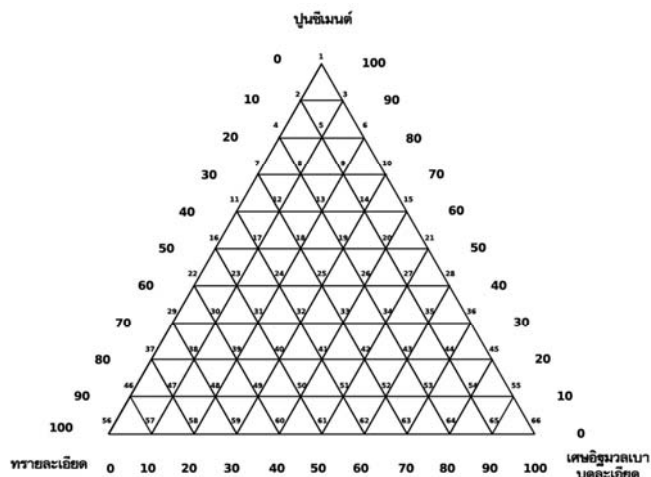
2. การทดสอบกำลังอัด

เป็นการทดสอบอัดประลัยเพื่อทราบกำลังอัด โดยผู้วิจัยเลือกส่วนผสมที่ 19 ซึ่งคาดว่าจะสามารถให้ผลิตเป็นวัสดุได้ทั้งประเภทกระเบื้องหลังคา ผนังอาคาร คอนกรีตบล็อก มาผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกมวลเบา ขนาด 15 x 15 x 15 ซม. เพื่อทำการส่งทดสอบแรงอัดประลัย โดยจากการทดสอบพบว่ามีความแข็งแรง 33.99 กก./ตร.ซม. ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่าความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกมวลเบาตาม มอก.2601-2556

3. การทดสอบการไหลผ่านของน้ำ

นำส่วนผสมที่ 19 และ 21 ผสมกับน้ำยากันซึม แล้วจึงนำไปหล่อขึ้นเป็นกระเบื้อง ทาปิดทับด้วยสีสำหรับทากระเบื้องหลังคา จากนั้นทดสอบด้วยการปล่อยน้ำไหลผ่านเป็นเวลา 1 ชม. ผลที่ได้พบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาเป็นวัสดุประเภทกระเบื้องหลังคา

สรุปผลการทดลอง การใช้เศษอิฐมวลเบาคละเอียดสำหรับผลิตเป็นวัสดุทดแทน เมื่อพิจารณาจากการประสานตัวของวัสดุ และทดสอบแช่น้ำเป็นเวลา 1 เดือน พบว่าส่วนผสมที่สามารถนำไปพัฒนางานนอกแบบต่อได้คือ ส่วนผสมที่ 19, 21, 28, และ 36 โดยมีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาเป็นผนังภายในอาคาร จากการทดสอบปล่อยน้ำไหลผ่านเป็นเวลา 1 ชม. พบว่าส่วนผสมที่ 19 และ 21 มีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาเป็นวัสดุประเภทกระเบื้องหลังคาได้ และเมื่อมีการนำส่วนผสมที่ 19 เข้าทดสอบแรงอัดประลัย พบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาเป็นวัสดุประเภท คอนกรีตบล็อก และผนังอาคารได้



รูปที่ 2 การทดลองหาอัตราส่วนสำหรับวัสดุทดแทน

ตารางที่ 5 สรุปรายละเอียดของวัสดุทดลอง

ลำดับการทดลอง	สัดส่วนของวัสดุ ซีเมนต์ : ทรายละเอียด : เศษอิฐ มวลเบาบดละเอียด	การทดสอบ	การพัฒนาเพื่อการออกแบบ
19	1 : ¼ : ¾	-พิจารณาจากการประสานตัวกันของวัสดุ -ทดสอบแช่น้ำเป็นเวลา 1 เดือน -ทดสอบการไหลผ่านของน้ำ -ทดสอบแรงอัดประลัย	ผนังอาคาร คอนกรีตบล็อก กระเบื้องหลังคา
21	1 : 0 : 1	-พิจารณาจากการประสานตัวกันของวัสดุ -ทดสอบแช่น้ำเป็นเวลา 1 เดือน -ทดสอบการไหลผ่านของน้ำ	กระเบื้องหลังคา ผนังภายใน
28	1 : 0 : 2	-พิจารณาจากการประสานตัวกันของวัสดุ -ทดสอบแช่น้ำเป็นเวลา 1 เดือน	ผนังภายใน
36	1 : 0 : 3	-พิจารณาจากการประสานตัวกันของวัสดุ -ทดสอบแช่น้ำเป็นเวลา 1 เดือน	ผนังภายใน

5.2 กระบวนการออกแบบ

ผู้วิจัยได้ทดลองออกแบบบ้านทรงไทยประยุกต์โดยวัสดุทดแทนโดยจะมีการใช้วัสดุทดแทนในส่วนของกระเบื้องหลังคา และผนังอาคาร โดยในส่วนของตัวอาคาร มีแนวทางการออกแบบโดยการนำลักษณะของเรือนไทยภาคกลางที่จะนำไปใช้ในการออกแบบอาคารพักอาศัยทรงไทยประยุกต์โดยผู้วิจัยได้ดังนี้

1. อาคารลักษณะเป็นพื้นที่ปิดล้อมห่อหุ้มพื้นที่เปิดแล้วจึงแยกเป็นพื้นที่ปิดย่อยๆ พื้นที่ใช้งานแต่ละส่วนเป็นอิสระจากกัน โดยการใช้ circulation แยกพื้นที่
2. หน้าที่ทางทรงสูง ลวดลายอาคารแนวตั้ง และมีการรับแสงธรรมชาติจากแนวตั้ง
3. รักษาทรงใต้ถุนด้วยการใช้ความแตกต่างทางด้านสัดส่วนของวัสดุที่โปร่งแสงและทึบแสง ตลอดจนลวดลายที่เกิดขึ้นบนวัสดุเปลือกอาคาร ใช้ระยะเสา 4 เมตรเพื่อรักษาทรงสูงของอาคาร



รูปที่ 3 กระเบื้องหลังคาซึ่งผลิตขึ้นจากวัสดุทดแทน



รูปที่ 4 การออกแบบเรือนไทยประยุกต์

6. ผลการวิจัย

สรุปผลการทดลอง การใช้เศษอิฐมวลเบาบดละเอียดสำหรับผลิตเป็นวัสดุทดแทน เป็นการให้ทรัพยากรให้คุ้มค่าและลดการบริโภคทรัพยากร พบว่าส่วนผสมที่ 19 และ 21 มีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาเป็นวัสดุประเภทกระเบื้องหลังคาได้ และเมื่อมีการนำส่วนผสมที่ 19 เข้าทดสอบอัดประลัย พบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาเป็นวัสดุประเภท คอนกรีตบล็อก และผนังอาคารได้

สรุปผลออกแบบที่พักอาศัยที่มีเอกลักษณ์ของสถาปัตยกรรมเรือนไทยภาคกลางโดยการใช้วัสดุที่สอดคล้องกับแนวทาง eco design เป็นการออกแบบเรือนไทยประยุกต์โดยการใช้วัสดุทดลองโดยผู้วิจัย ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาผลิตเป็นชิ้นส่วนอาคารประเภทกระเบื้องหลังคา และผนังอาคาร โดยออกแบบอาคารพักอาศัยให้คงไว้ซึ่งลักษณะเด่นของเรือนไทย ประเพณีภาคกลาง ทั้งในด้านพื้นที่การใช้งาน สัดส่วนอาคาร และรูปลักษณะภายนอก โดยมีความคำนึงถึงความรู้สึทางด้านการรับรู้ที่มีต่อ space ของเรือนไทยที่มีต่อผู้ใช้งาน และให้ความสอดคล้องกับแบบบ้านในปัจจุบันมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การใช้วัสดุจะเน้นความเรียบง่ายลดทอนรายละเอียดที่เกิดขึ้นบนอาคารให้มืองค์ประกอบอาคารที่ตรงไปตรงมาต่อฟังก์ชันการใช้งาน และคงความรู้สึกของวัสดุนั้น ๆ ให้ได้มากที่สุด สีของอาคารใช้สีขาวซึ่งเป็นสีที่เข้าถึงผู้คนได้ง่าย มีความเป็นสิ่งก่อสร้างสมัยใหม่ และมีการใช้สีเข้มในบางส่วนเพื่อสร้างมิติให้อาคาร

7. อภิปรายผลการทดลอง

การออกแบบที่พักอาศัยที่มีเอกลักษณ์ของสถาปัตยกรรมเรือนไทยประเพณีภาคกลางโดยการใช้วัสดุที่สอดคล้องกับแนวทางการออกแบบเชิงนิเวศ เป็นการออกแบบที่อยู่อาศัยทรงไทยประยุกต์ที่มีแนวคิดการคงเอกลักษณ์ และกลิ่นอายของเรือนไทยประเพณีภาคกลางไว้โดยที่ยังตอบสนองต่อการใช้งานในยุคปัจจุบัน สอดคล้องกับแนวความคิดของ Rutai Jaijongrak [4] ที่กล่าวถึงการออกแบบเรือนไทยให้เหมาะกับสภาพการใช้งานในปัจจุบัน และระบบก่อสร้างในยุคใหม่โดยที่ยังคงสอดแทรกความอ่อนหวานของสถาปัตยกรรมไทยไว้ ในด้านการออกแบบ space ของอาคารได้มีการออกแบบโดยคำนึงถึงความรู้สึกทางด้านการรับรู้ที่มีต่อ space ของเรือนไทยที่มีต่อผู้ใช้ สอดคล้องกับแนวความคิดของ TonKao Panin [7] ซึ่งได้กล่าวถึง space ในงานสถาปัตยกรรมไว้ว่า เป็นความสัมพันธ์ของมนุษย์ที่มีต่อสิ่งรอบตัว space ไม่ใช่สิ่งที่สมบูรณ์ในตัวเองและไม่อาจเกิดขึ้นได้โดยไม่มีมนุษย์ ในด้านการใช้วัสดุในการก่อสร้างและตกแต่งอาคารมีการใช้วัสดุที่เสียหายในกระบวนการผลิตกลับมาใช้ใหม่เพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าและลดการบริโภคทรัพยากร ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของ Nachawit Tikul [8] ที่กล่าวถึงลักษณะของวัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมประการหนึ่งไว้ว่า เป็นการผลิตวัสดุก่อสร้างโดยการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ลดการใช้ทรัพยากรใหม่ ลดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

- [1] Sukontasukkul, P. 2006. **Concrete Fundamental**. 2nd ed. Textbook Publishing Center King Mongkut's University of Technology North Bangkok.
- [2] Sukontasukkul, P. 2012. **Specialized Concrete**. Bangkok: Textbook Publishing Center, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.
- [3] Phirom, S. 2002. **Ban Thai Phak Klang**. 4th ed. Bangkok: Kurusapa Business Organization
- [4] Jaijongrak, R. 1975. Khongkan Khonkhwa Wichai Ruang **Ruan Thai Doem**. Bangkok: Faculty of Architecture, Silpakorn University.
- [5] Yodprutikarn, T. 2012. **Precast concrete construction step by step**. Bangkok: Soontornfilm.
- [6] Ruengtham, P. 2013. **Design Theory**. Maha Sarakham: Inthanin.
- [7] Panin, T. 2010. **Khon Lae Khwamkhith Thang Sathapattayakam**. Bangkok: Sommadhi.
- [8] Tikul, N. 2010. **Eco design in architecture**. Bangkok: Odeon store.