รายงานวิจัยย่อ

ศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้น ในการนำระบบก่อสร้าง 2 x 4 ของแคนาดามาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย*

(Pre-feasibility Study of Introducing the Canadian 2 x 4 Construction into Thailand)

ผู้วิจัย: รองศาสตราจารย์จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ ** (หัวหน้าโครงการ)
อาจารย์อำนาจ รัตนบัญญัติ **

---

* แหล่งทุน: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม 7300

** อาจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ถนนหน้าพระลาน กรุงเทพมหานคร 10200

คำนำ

ปัจจุบันได้เป็นที่ยอมรับกันกว้างขวางแล้วว่า ระบบการก่อสร้างบ้านด้วยโครงสร้างคอนกรีตและผนังก่ออิฐฉาบปูนที่นิยมใช้กันมานานในประเทศไทยนั้นไม่สามารถสนองตอบต่ออุตสาหกรรมและธุรกิจการก่อสร้างที่อยู่อาศัยของไทยได้ดีเท่าที่ควร (มีปัญหา ฝีมือช่าง ระยะเวลาการก่อสร้าง วัสดุสูญเสีย และราคาค่าก่อสร้าง) แต่ระบบการก่อสร้างบ้านหลายระบบที่นำเข้ามาจากต่างประเทศก็ไม่ประสบผลสำเร็จหรือถูกนำไปใช้ให้แพร่หลายแต่อย่างใด จึงจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาและตรวจสอบระบบการก่อสร้างที่นำเข้ามาจากต่างประเทศโดยละเอียดรอบคอบ เพื่อเลือกนำไปใช้ประยุกต์และพัฒนาให้เหมาะสมกับสภาพสังคมและเศรษฐกิจของไทยต่อไป

การวิจัยนี้เป็นการศึกษารายละเอียดของวัสดุและระบบการก่อสร้างบ้าน 2 x 4 ของประเทศแคนาดา และปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเปรียบเทียบกับการก่อสร้างบ้านโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้กันทั่วไปในประเทศไทย แล้วจึงวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้เบื้องต้นในการนำระบบก่อสร้างดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการพัฒนาวัสดุ และระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมให้เกิดขึ้นในประเทศ และจะช่วยแก้ปัญหาการนำเข้าวัสดุก่อสร้างหรือบ้านไม้ทั้งหลังมาจากต่างประเทศ ได้อีกทางหนึ่งด้วย

เนื้อหาการวิจัยนอกจากการเน้นในเรื่องวัสดุ และกรรมวิธีก่อสร้างบ้าน 2 x 4 แล้ว ยังมีเนื้อหาครอบคลุมให้เป็นภาพรวมของที่อยู่อาศัย ป่าไม้ ไม้แปรรูป และพัฒนาการของวัสดุและเทคโนโลยีการสร้างบ้าน ทั้งในประเทศแคนาดา และในประเทศไทย เพื่อให้เข้าใจถึงสภาพสังคม เศรษฐกิจ ภูมิอากาศ และสิ่งแวดล้อม ที่มีอิทธิพลต่อระบบ หรือกรรมวิธีการก่อสร้าง และรูปแบบทางสถาปัตยกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละประเทศ ซึ่งเป็นปัจจัยและข้อมูลประกอบที่สำคัญในการศึกษาความเป็นไปได้เพื่อนำเอาวัสดุและระบบการก่อสร้างของประเทศหนึ่งไปประยุกต์ใช้กับอีกประเทศหนึ่ง

คณะวิจัยประกอบด้วย นายจรัญพัฒน์ ภูวนันท์ (หัวหน้าโครงการ) และนายอำนาจ รัตนบัญญัติ (ร่วมวิจัย) โดยทำการวิจัยที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร และสถาบัน Northern Alberta Institute of Technology (NAIT) เมืองเอ็ดมันตัน ประเทศแคนาดา ได้ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนการเดินทางไปเก็บข้อมูลในประเทศแคนาดาเป็นเวลาหนึ่งเดือน ใช้ระยะเวลาในการทำวิจัยรวมทั้งสิ้น 1 ปี จึงเสร็จสมบูรณ์ในเดือนตุลาคม 2541

เอกสารที่ได้จากการวิจัยมี 3 ฉบับได้แก่

1. ศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการนำระบบก่อสร้าง 2 x 4 ของแคนาดามาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย เป็นรายงานวิจัยเพื่อเสนอต่อสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยศิลปากร

2. Executive Report : Pre-feasibility Study of Introducing the Canadian 2 x 4 Construction into Thailand เสนอต่อสถาบัน Northern Alberta Institute of Technology

3. รายงานวิจัยย่อ ศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการนำระบบก่อสร้าง 2 x 4 ของแคนาดามาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย เสนอคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร เพื่อเผยแพร่ให้กับผู้สนใจโดยทั่วไป

ผู้สนใจสามารถติดต่อขอสำเนาเอกสารดังกล่าวได้จากสถาบันที่กล่าวมาแล้ว หรือจาก
รองศาสตราจารย์จรัญพัฒน์ ภูวนันท์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ถนนหน้าพระลาน เขตพระนคร
กรุงเทพมหานคร 10200
โทร. (662) 226 2400, (662) 221 5877

บทนำ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษารายละเอียดของวัสดุ และระบบก่อสร้าง 2 x 4 ของแคนาดา
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบระบบก่อสร้างบ้าน 2 x 4 ของแคนาดา กับบ้านโครงสร้าง ค.ส.ล. ของไทยที่ใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน
3. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการประยุกต์ระบบก่อสร้าง 2 x 4 ของแคนาดาเพื่อใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหา และพัฒนาอุตสาหกรรมการก่อสร้างบ้านของไทย
4. เพื่อศึกษาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการนำเอาระบบ 2 x 4 ของแคนาดามาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย

ขอบเขตของการวิจัย

1. ระบบการก่อสร้างบ้านของไทยที่ใช้ศึกษาเปรียบเทียบกับบ้าน 2 x 4 ของแคนาดา คือบ้านโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก และผนังก่ออิฐฉาบปูน ซึ่งนิยมใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน (Conventional construction)
2. เป็นการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นเท่านั้น เพื่อให้ได้ภาพรวม และนำผลไปใช้ในการทำวิจัยต่อเนื่อง หรือทำการศึกษารายละเอียดเฉพาะเรื่องต่อไป
3. บ้านที่ทำการศึกษา หมายถึงบ้านจัดสรรในเมือง โดยเน้นบ้านในกรุงเทพฯ และปริมณฑลเป็นสำคัญ

วิธีดำเนินการวิจัย

เป็นการวิจัยโดยการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเอกสาร ร่วมกับการวิจัยภาคสนาม และใช้การสัมภาษณ์บุคคลประกอบด้วย โดยให้ความสำคัญกับข้อมูลเอกสารที่เชื่อถือได้เป็นสำคัญ ได้แก่ กฎหมาย เทศบัญญัติ คู่มือการก่อสร้าง ตำรา รายงานวิจัย เอกสารเผยแพร่ของทางราชการและของบริษัทเอกชน และแบบก่อสร้าง ทั้งในประเทศแคนาดาและประเทศไทย

การสำรวจภาคสนาม ได้ทำการเก็บข้อมูลและสังเกตการณ์ตัวอย่างโครงการก่อสร้างบ้าน โรงงานผลิต และแหล่งจำหน่ายวัสดุ หรือชิ้นส่วนประกอบอาคาร (Building component) ในมณฑลอัลเบอร์ตา ประเทศแคนาดา จำนวน 12 แห่ง และในประเทศไทย 20 แห่ง และสัมภาษณ์บุคคลที่เกี่ยวข้องอีก 35 คน

ผลสรุปที่ได้

ผลการวิจัยได้ข้อสรุปที่สนับสนุนสมมุติฐานของการวิจัยที่ว่า ระบบการก่อสร้าง 2 x 4 ของแคนาดา มีข้อได้เปรียบกว่าระบบการก่อสร้างบ้านของไทยที่ใช้กันโดยทั่วไป (โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก และผนังก่ออิฐฉาบปูน) หลายประการ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเอาระบบโครงสร้างและกรรมวิธีการก่อสร้างของแคนาดา มาประยุกต์ใช้

ในประเทศไทย เพื่อให้ได้บ้านที่ราคาประหยัด สร้างได้รวดเร็ว และอนุรักษ์พลังงานได้มากขึ้นกว่าเดิม แต่จะมีอุปสรรคสำคัญที่ต้องแก้ปัญหาอยู่ 2 ประการ คือ 1. ปัญหาการขาดแคลนไม้ที่ใช้ในการก่อสร้าง จึงต้องพึ่งพาการนำเข้ามาจากต่างประเทศ หรือต้องหาวัสดุอื่นมาใช้ทดแทน และ 2. อาจมีปัญหาการยอมรับด้านการตลาด เนื่องจากคนไทยโดยทั่วไปยังคงเคยชินอยู่กับการใช้วัสดุก่อสร้างที่คงทนถาวร (คอนกรีต และ อิฐ) มานาน จึงควรศึกษาความเป็นไปได้ในรายละเอียดของวัสดุทดแทน และราคาค่าก่อสร้างที่เกิดขึ้นต่อไป

สรุปผลการวิจัย

ความเป็นมาของระบบการก่อสร้างบ้าน

1. การก่อสร้าง 2 x 4 ของแคนาดา

การก่อสร้าง 2 x 4 (2 x 4 construction) เป็นชื่อที่คนทั่วไปใช้เรียกแทนการก่อสร้าง ด้วยโครงสร้างไม้ขนาดเล็ก (Wood frame construction) ซึ่งนิยมใช้สร้างบ้านกันแพร่หลายโดยทั่วไปในทวีปอเมริกาเหนือ โครงสร้างไม้แบบนี้ถูกประดิษฐ์ขึ้นครั้งแรกโดยชาวอเมริกันเมื่อ ปี ค.ศ. 1883 ซึ่งรู้จักกันดีในนามของ บอลลูนเฟรม (Balloon frame) ต่อมาเมื่อไม้หายากขึ้นก็ได้พัฒนาเป็น แพลทฟอร์มเฟรม (Platform frame) มีการใช้โครงสร้างไม้แบบแพลทฟอร์มเฟรมแทนบอลลูนเฟรมกันแพร่หลายในประเทศแคนาดา ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1930 กว่า ตราบจนกระทั่งปัจจุบัน ที่อยู่อาศัยส่วนใหญ่ในประเทศแคนาดาล้วนแต่ก่อสร้างด้วยโครงไม้ขนาดเล็กแทบทั้งสิ้น การก่อสร้างบ้านของแคนาดาในช่วง 60 ปีที่ผ่านมา ได้มีพัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงด้านวัสดุและเทคโนโลยีการก่อสร้างหลายประการ เพื่อสนองตอบต่อความต้องการด้านที่อยู่อาศัยของชาวแคนาดาโดยเฉพาะ การก่อสร้าง 2 x 4 ของแคนาดาจึงมีรายละเอียดวัสดุวิธีการก่อสร้างและมาตรฐานการก่อสร้างบางประการที่แตกต่างออกไปจากบ้านโครงสร้างไม้ในประเทศสหรัฐอเมริกาหรือในภูมิภาคอื่นที่ได้นำโครงสร้างไม้ของชาวอเมริกันไปใช้

การก่อสร้างบ้านในประเทศแคนาดาโดยทั่วไปยังคงใช้ช่างไม้ทำการก่อสร้างในที่ แต่อาจสั่งซื้อชิ้นส่วนประกอบสำเร็จรูปที่ผลิตจากโรงงานมาใช้ประกอบในสถานที่ก่อสร้างด้วยก็ได้ เช่น โครงหลังคาสำเร็จรูป (Prefabricated roof trusses) ตงไม้ประกอบ แผ่นผนังที่มีฉนวนพร้อม (Insulated wall panel) ห้องน้ำสำเร็จรูป และประตู หน้าต่าง เป็นต้น อีกทั้งมีอุตสาหกรรมผลิตบ้านสำเร็จรูปทั้งหลัง (Modular houses) ในโรงงาน ตามความต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งระบบการก่อสร้างส่วนใหญ่ก็ยังคงเป็นระบบ 2 x 4 นั่นเอง บ้านไม้ของแคนาดาจึงสามารถสร้างในสถานที่ก่อสร้างโดยใช้ช่างไม้ธรรมดา หรือก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมผลิตเป็นบ้านสำเร็จรูป และกึ่งสำเร็จรูป ในระดับที่แตกต่างกันได้ตามความเหมาะสม

2. บ้านโครงสร้างคอนกรีตที่ใช้กันทั่วไปในประเทศไทย

ที่อยู่อาศัยของไทยดั้งเดิมเป็นเรือนไม้ทั้งหลัง เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว (พ.ศ. 2394-2411) เมื่อวัสดุ เทคโนโลยี และรูปแบบสถาปัตยกรรมของยุโรปหรือชาติตะวันตกได้หลั่งไหลเข้ามาผสมผสานและมีอิทธิพลต่อการก่อสร้างที่อยู่อาศัยของไทยตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา ในปลายรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว (พ.ศ. 2411-2453) ได้มีการนำคอนกรีตเสริมเหล็กมาใช้สร้างบ้านเป็นครั้งแรก โดยใช้ทำเสาและคานแทนไม้ หลังจากนั้นบทบาทของโครงสร้างคอนกรีตก็โดดเด่นยิ่งขึ้น เมื่อมีการก่อตั้งโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ขึ้นภายในประเทศและสามารถผลิตซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกจำหน่ายได้ในปี พ.ศ. 2458 ทำให้ซีเมนต์มีราคาถูกและมีปริมาณเพียงพอกับความต้องการ จึงมีการใช้คอนกรีตในงานก่อสร้างบ้านแทนไม้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เช่น ในสมัยรัชกาลที่ 7 (พ.ศ. 2468-2477) เริ่มมีการใช้คอนกรีตทำพื้นชั้นล่าง กันสาด และหลังคาแบน (Flat Roof)

การเปลี่ยนแปลงการปกครองใน ปี พ.ศ. 2475 มีผลให้การศึกษาและวัฒนธรรมตะวันตกหลั่งไหลเข้าถึงสังคมไทยในทุกระดับมากขึ้น และหลังจากมีการประกาศใช้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (แผนที่ 1 พ.ศ. 2504-2509) เพื่อพัฒนาประเทศไปสู่ระบบอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องแล้ว การเปลี่ยนแปลงทางสังคมและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจตามแบบอย่างตะวันตกก็ได้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ประกอบกับการเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวของเมืองในเวลาต่อมา มีผลทำให้ทรัพยากรป่าไม้ถูกทำลายอย่างรวดเร็วตามไปด้วย (ก่อนปี พ.ศ. 2493 พื้นที่ป่ามีมากกว่า 60% ได้ลดลงเหลือ 28.3% ในปี 2532 และ ปัจจุบันเหลือเพียง 25%) ไม้ที่ใช้ก่อสร้างจึงหายากและขาดแคลนมากขึ้นเรื่อย ๆ วัสดุก่อสร้างใหม่ ๆ จึงเกิดขึ้นแทนที่ ซึ่งมีทั้งที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ และมีการตั้งโรงงานผลิตภายในประเทศ โครงสร้างคอนกรีต และผลิตภัณฑ์คอนกรีตและซีเมนต์ภายในประเทศซึ่งได้พัฒนาอย่างต่อเนื่องมานาน จึงได้รับการยอมรับและถูกนำมาใช้เป็นโครงสร้างสำคัญของบ้านอย่างแพร่หลายตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา ดังจะเห็นได้จากในยุคที่บ้านจัดสรรเฟื่องฟู ในปี พ.ศ. 2510-2516 บ้านในเมืองส่วนใหญ่ล้วนแต่สร้างด้วยโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและผนังก่ออิฐฉาบปูนแทบทั้งสิ้น ในช่วงนั้นยังคงมีการใช้เสาเข็มไม้ พื้นไม้ (พื้นชั้นบน) และโครงหลังคาไม้ผสมผสานกับ ฐานราก เสาคาน และพื้นคอนกรีต ถึงแม้ว่าจะมีการเอาระบบการก่อสร้างคอนกรีตสำเร็จรูปจากต่างประเทศมาใช้ในโครงการจัดสรรบางโครงการ แต่การก่อสร้างบ้านโดยทั่วไปก็ยังนิยมใช้โครงสร้างคอนกรีตในที่ ในปัจจุบันโครงการบ้านจัดสรรส่วนใหญ่ได้ยอมรับเอาเข็มคอนกรีตอัดแรงมาใช้แทนเข็มไม้ ใช้แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปแทนแผ่นพื้นคอนกรีตหล่อในที่ รวมทั้งใช้เหล็กขึ้นรูปเย็นทำโครงสร้างหลังคาแทนโครงหลังคาไม้เนื้อแข็ง แต่ยังคงนิยมใช้ฐานราก เสา และคานเป็นคอนกรีตหล่อในที่ และนิยมใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนอยู่เช่นเดิมทั้ง ๆ ที่ประเทศไทยมีความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีคอนกรีตอัดแรง และคอนกรีตสำเร็จรูปมานาน

กล่าวกันว่าพวกมิชชันนารีได้เคยนำโครงสร้างไม้แบบบอลลูนเฟรมมาเผยแพร่ครั้งแรกในประเทศไทย (ช่วงปี พ.ศ. 2477-2500) และเคยมีสถาปนิกของไทยได้ออกแบบและสร้างบ้านทดลองขึ้นด้วยวัสดุภายในประเทศ โดยใช้ระบบการก่อสร้างแบบนี้มาแล้ว ในช่วงสงครามเวียดนาม (พ.ศ. 2506-2516) ทหารอเมริกันได้นำเอาไม้แปรรูปและระบบการก่อสร้างของตนมาใช้ก่อสร้างอาคารในฐานทัพต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่ในประเทศไทยด้วย

ในช่วงที่เศรษฐกิจและธุรกิจอสังหาริมทรัพย์เฟื่องฟูในปี พ.ศ. 2530-2540 มีผู้นำเข้าบ้านไม้แปรรูปและบ้านไม้ทั้งหลังมาจากต่างประเทศเข้ามาจำหน่ายหลายรายบ้านไม้ 2 x 4 ของแคนาดาถูกนำเข้ามาก่อสร้างในประเทศไทยหลายหลังเช่นกัน แต่ธุรกิจดังกล่าวต้องหยุดชะงักลงเมื่อเกิดวิกฤติทางเศรษฐกิจ เงินบาทของไทยขาดเสถียรภาพ และมีค่าลดลงมากกว่า 40% (พ.ศ. 2540-2541) ประกอบจำนวนที่อยู่อาศัย และการก่อสร้างที่เกิดขึ้นใหม่ในช่วงเศรษฐกิจเฟื่องฟูนั้น ทำให้มีบ้านล้นตลาดมากมายจนถึงปัจจุบัน จึงเป็นช่วงสำคัญที่ประเทศไทยน่าจะศึกษา และพัฒนาระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมให้เกิดขึ้นอย่างจริงจัง เพื่อใช้แก้ปัญหาต่าง ๆที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน และเตรียมการไว้สำหรับอุตสาหกรรมบ้านจัดสรรที่จะเกิดขึ้นต่อไปในอนาคตด้วย

ตารางที่ 1 สรุปผลการเปรียบเทียบบ้าน 2 x 4 ของแคนาดากับบ้านโครงสร้างคอนกรีตของไทย

บ้าน 2 x 4 ของแคนาดา	บ้านโครงสร้างคอนกรีตของไทย
ก. องค์ประกอบอาคาร	
1. ระบบโครงสร้าง ประกอบด้วยโครงไม้ขนาดเล็กรับน้ำหนักแทนเสาและคาน เป็นระบบผนังรับน้ำหนัก ก่อสร้างได้สะดวก และรวดเร็วกว่า เป็นระบบการก่อสร้างแบบแห้ง	1. เป็นระบบเสาและคาน ค.ส.ล. หล่อในที่ โครงสร้างและผนังมีน้ำหนักมาก เป็นระบบการก่อสร้างแบบเปียก จึงใช้เวลาในการก่อสร้างมากกว่า
2. ผนังภายนอกประกอบขึ้นด้วยโครงเคร่าไม้ตียึดด้วยแผ่น OSB หรือเวเฟอร์บอร์ด (Structural sheathing) หุ้มด้วยแผ่นวัสดุกันน้ำ (แผ่นโพลิเอททีลีน หรือ Felt paper)ผนังภายนอก (Sidings) ปิดทับด้วยแผ่นไม้ แผ่นฮาร์ดบอร์ด แผ่นพลาสติก หรือทำผิวปูนฉาบ ส่วนผนังด้านในนิยมบุด้วยแผ่นยิบซัมบอร์ด โดยมีแผ่นวัสดุกันน้ำ (Vapor barrier) มีฉนวนความกันร้อนบรรจุอยู่ระหว่างโครงคร่าว	2. ผนังภายนอกนิยมก่อบรรจุระหว่างช่องเสาคานด้วยอิฐมอญ หรือคอนกรีตบล็อคฉาบปูนทาสีทั้ง 2 ด้าน ไม่มีวัสดุฉนวนกันความร้อนหรือกันความชื้นในผนังเลย

บ้าน 2 x 4 ของแคนาดา	บ้านโครงสร้างคอนกรีตของไทย
3. พื้นประกอบด้วย ตงไม้ คานไม้ หรือไม้โครงสร้างประกอบ มีแผ่น OSB หรือไม้อัดกันน้ำ ปูยึดบนตง (Sub floor) และใช้แผ่นไม้เนื้อแข็งปูทับบนพื้นผิวสำเร็จอีกชั้นหนึ่ง	3. พื้น ค.ส.ล.หล่อในที่ หรือใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป (Solid plank) ปูพาดช่วงระหว่างคาน แล้วเททับหน้าด้วยคอนกรีต วัสดุพื้นผิวสำเร็จนิยมปูด้วยกระเบื้องเคลือบ หรือปาเก้ ไม้
4. หลังคาประกอบด้วยโครงหลังคาไม้หรือไม้ประกอบ มีแผ่นยึดโครงหลังคา (Sheathing) และนิยมมุงด้วยแผ่นชิงเกิลแอสฟัลท์ ชิงเกิลไม้ หรือเชคไม้ มีแผ่นฉนวนกันความร้อนปูใต้หลังคา	4. โครงหลังคา (จันทัน) ไม้หรือเหล็กขึ้นรูปเย็นมุงด้วยกระเบื้องซิเมนต์เคลือบ หรือกระเบื้องแอสเบสตอสซิเมนต์ ปัจจุบันเริ่มนิยมใช้แผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์ หรือแผ่นฉนวนไฟเบอร์กลาสกันความร้อนใต้หลังคา
5. ฝ้าเพดาน นิยมใช้แผ่นยิบซัมบอร์ดยึดติดกับโครงหลังคาไม้ (ขื่อ) มีฉนวนเหนือฝ้าเพดานหรือมีห้องใต้หลังคาช่วยกันการสูญเสียความร้อน	5. ฝ้าเพดาน นิยมใช้ยิบซัมบอร์ดยึดด้วยโครงคร่าวไม้ หรือเหล็กชุบสังกะสี
6. ฝ้าชายคา นิยมใช้แผ่นพลาสติกหรืออะลูมิเนียม มีการเจาะรูให้ระบายอากาศได้	6. ฝ้าชายคา นิยมกรุงด้วยแผ่นไม้เนื้อแข็งเว้นร่องให้ระบายอากาศได้ หรือใช้แผ่นแอสเบสตอสซิเมนต์
7. ผนังภายใน อาจออกแบบให้เป็นผนังรับน้ำหนักเหมือนผนังภายนอก หรือเป็นผนังเบากั้นห้อง (Dry wall) ไม่รับน้ำหนัก	7. ผนังภายในนิยมก่อด้วยอิฐหรือคอนกรีตบล็อคฉาบปูน หรืออาจใช้ผนังเบา เช่น ผนังไม้อัดหรือผนังยิบซัมบอร์ด โครงคร่าวไม้หรือเหล็กชุบสังกะสี
8. นิยมมีห้องใต้ดิน หรือใต้ถุน (Crawl space) ป้องกันการสูญเสียความร้อนให้กับดิน	8. ไม่มีห้องใต้ดิน พื้นชั้นล่างนิยมวางอยู่บนดินที่ถมสูงขึ้นมา หรืออาจยกลอยขึ้นมาจากพื้นดิน
ข. รูปแบบทางสถาปัตยกรรม	
1. มีลักษณะของบ้านเมืองหนาวที่เด่นชุด เช่น มีผังแบบชิดแน่น มีหน้าต่างน้อย ยื่นชายคาน้อย หลังคาทรงสูงป้องกันหิมะ	1. มีลักษณะของสถาปัตยกรรมเมืองร้อน เช่น มีชายคายื่นยาวกว่า ผังเป็นแบบเปิดโล่ง มีช่องแสงและช่องระบายอากาศมากกว่า

บ้าน 2 x 4 ของแคนาดา	บ้านโครงสร้างคอนกรีตของไทย
2. รูปลักษณะของบ้านพัฒนามาจากบ้านพื้นถิ่นหรือสถาปัตยกรรมแบบดั้งเดิม โดยพัฒนาปรับเปลี่ยนไปตามวัสดุและเทคโนโลยีการก่อสร้างที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ	2. รูปแบบบ้านได้รับอิทธิพลมาจากตะวันตก มีการลอกเลียนแบบและประยุกต์รูปแบบของต่างประเทศมาใช้ จึงมีหลากหลายรูปแบบ
3. บ้านมีรูปแบบและขนาดไม่แตกต่างกันมากนัก	3. บ้านมีรูปแบบและขนาดแตกต่างกันมากตามรสนิยมและฐานะของกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย
ค. การติดตั้งงานระบบอุปกรณ์อาคาร	
1. บ้านมีระบบอุปกรณ์อาคารและเครื่องอำนวยความสะดวกสบายครบครันมากกว่า มีระบบทำน้ำอุ่น และระบบทำความร้อนทุกบ้าน	1. บ้านในเมืองส่วนใหญ่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้เฉพาะบางห้อง และมีเครื่องทำน้ำอุ่นเปิดใช้บางช่วงที่มีอากาศหนาว
2. สามารถเดินท่องานสุขาภิบาล เดินสายไฟฟ้าหรือฝังอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้ในผนัง พื้น และโครงหลังคาได้โดยสะดวก และเรียบร้อยกว่า สามารถตรวจสอบ ซ่อมแซม แก้ไข ได้ง่าย	2. การฝังหรือซ่อนงานระบบท่อภายในโครงสร้างอาคารหรือในพื้นและผนังทำได้ยากกว่าและไม่สะดวกในการตรวจสอบ หรือรื้อซ่อมแซมแก้ไข บางส่วนอาจเปลี่ยนแปลงแก้ไขไม่ได้เลย
3. มีมาตรฐานงานก่อสร้างที่ดีกว่า ต้องใช้ช่างที่มีใบประกอบวิชาชีพ	3. งานระบบปรับอากาศและระบบทำน้ำร้อนมักติดตั้งภายหลังที่งานก่อสร้างส่วนใหญ่เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงมักขาดความเรียบร้อยสวยงาม
ง. ระยะเวลาในการก่อสร้าง	
1. ใช้เวลาในการก่อสร้างต่ำสุดเพียง 8 สัปดาห์ แต่โดยทั่วไปประมาณ 16 สัปดาห์	1. บ้านเดี่ยว 2 ชั้น โดยทั่วไปใช้เวลาก่อสร้าง 24 สัปดาห์ขึ้นไป จึงจะเสร็จสมบูรณ์
2. ถ้าเป็นการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมสามารถลดระยะเวลาการก่อสร้างในสถานที่ก่อสร้างลงได้มากกว่า เช่น Modular House ใช้เวลาก่อสร้างในที่เพียง 1-5 วัน	2. ระบบโครงสร้างคอนกรีตหรือผนังคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้ในปัจจุบันอาจลดระยะเวลาการก่อสร้างลงได้อีกประมาณ 4-8 สัปดาห์

บ้าน 2 x 4 ของแคนาดา	บ้านโครงสร้างคอนกรีตของไทย
จ. ราคาค่าก่อสร้างและราคาบ้าน	
1. ราคาบ้านของแคนาดาที่นำเข้ามาสร้างในประเทศไทย และราคาค่าก่อสร้างบ้านในประเทศแคนาดา สูงกว่าในประเทศไทยประมาณ 1.5-2.5 เท่า (ขึ้นอยู่กับค่าของเงินบาท)	1. ราคาค่าก่อสร้างบ้านเดี่ยวประมาณ 10,000 บาท/ตร.ม. (มาตรฐานที่ใกล้เคียงกับบ้านของแคนาดา)
2. ราคาค่าก่อสร้างน่าจะถูกกว่าบ้านคอนกรีตของไทย ถ้าสร้างโดยใช้ไม้หรือวัสดุก่อสร้าง และช่างก่อสร้างของไทย	2. แนวโน้มราคาค่าก่อสร้างบ้านในประเทศไทยจะแพงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากราคาวัสดุ ค่าแรง และขาดแคลนช่างฝีมือที่ดี
3. ราคาขายเฉลี่ยบ้านเดี่ยว ในเมืองเอ็ดมันตัน ประมาณ 2,878,255 บาท (พ.ศ. 2539)	3. ราคาขายขั้นต่ำเฉลี่ยของบ้านเดี่ยวสองชั้นในกรุงเทพฯ 1,440,000 บาท (พ.ศ. 2539)
ฉ. การอนุรักษ์พลังงาน	
1. การออกแบบและก่อสร้างบ้านในแคนาดาได้ให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์พลังงานมากจึงมีมาตรฐานบังคับที่สูงกว่ามาก	1. บ้านพักอาศัยทั่วไปยังไม่มีกฎหมายบังคับให้การออกแบบและการก่อสร้างต้องอนุรักษ์พลังงาน รัฐบาลเพิ่งเริ่มให้ความสนใจ
2. ระบบผนัง พื้น และหลังคา มีฉนวนกันความร้อน ความชื้น และการรั่วซึมของอากาศได้ดีกว่า มีมาตรฐานการออกแบบและการก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงานที่ดีกว่ามาก	2. โครงสร้างคอนกรีต และผนังก่ออิฐฉาบปูนมีค่าต้านทานความร้อนต่ำ อาคารมีรูรั่วของอากาศและความชื้นมากกว่า จึงไม่ประหยัดพลังงานในการใช้เครื่องปรับอากาศเท่าที่ควร
3. ถ้านำมาสร้างในประเทศไทย น่าจะสามารถประหยัดพลังงานในการปรับอากาศไม่ต่ำกว่า 6 เท่าของบ้านทั่ว ๆ ไป	3. สำหรับบ้านทั่ว ๆ ไปหรืออาคารขนาดเล็กในอนาคตต้องให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น
ช. การดัดแปลงหรือต่อเติมภายหลัง	
1. เนื่องจากเป็นโครงสร้างไม้ น้ำหนักเบา จึงสามารถต่อเติม ดัดแปลง แก้ไขในภายหลังได้ง่ายกว่าและประหยัดกว่า	1. การต่อเติม ดัดแปลง แก้ไข ทำได้ยากกว่า ใช้เวลาและสิ้นเปลืองกว่า

บ้าน 2 x 4 ของแคนาดา	บ้านโครงสร้างคอนกรีตของไทย
2. สามารถรื้อถอนหรือนำโครงสร้างบางส่วนไปใช้ใหม่ได้ (Reuse & Recycle) ถ้าเป็นระบบสำเร็จรูปสามารถถอดชิ้นส่วนต่าง ๆ ไปประกอบใหม่ได้เกือบทั้งหมด	2. รื้อถอน เคลื่อนย้ายได้ยากมาก ส่วนใหญ่ต้องทุบทิ้ง ถึงแม้จะเป็นระบบสำเร็จรูปก็ตาม

ช. การซ่อมแซม ดูแล และการบำรุงรักษา

1. บริษัทก่อสร้างบ้านของแคนาดาโดยทั่วไปจะให้ประกันกับลูกค้านาน 40 ปี ภายในประเทศ และ 25 ปี สำหรับบ้านที่สร้างในต่างประเทศ บ้านไม้ในแคนาดามีอายุการใช้งานมากกว่า 50 ปีขึ้นไป ในสภาพการใช้งานและการดูแลรักษาที่ดี	1. โครงสร้างคอนกรีตมีอายุการใช้งานและคงทนถาวรมากกว่า แต่บ้านที่สร้างทั่วไปมักมีปัญหาในส่วนของงานสถาปัตยกรรม เนื่องจากมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างที่ไม่ดี เช่น การแตกร้าว การรั่วซึม และการเสื่อมสภาพของวัสดุและระบบอุปกรณ์อาคาร เมื่อมีอายุการใช้งานประมาณ 20 ปีขึ้นไป บริษัทก่อสร้างของไทยโดยทั่วไปจะให้ประกันการก่อสร้างกับลูกค้า 1 ปี
2. ต้องการการดูแลรักษามากกว่า ถ้าวัสดุที่ปกปิดโครงสร้างเสียหายต้องรีบซ่อมแซมทันที	2. เนื่องจากใช้วัสดุโครงสร้างที่ทนทานต่อสภาพลมฟ้าอากาศได้ดีกว่า จึงแทบไม่ต้องการการดูแลหรือบำรุงรักษา
3. การซ่อมแซมแก้ไขตามปกติสามารถทำได้ง่าย	3. ถ้ามีปัญหาหรือความเสียหายเกิดขึ้น การซ่อมแซมแก้ไขทำได้ยากกว่า

สรุปข้อได้เปรียบของการก่อสร้าง 2 x 4 เมื่อเปรียบเทียบกับการก่อสร้างบ้านของไทย

1. ระบบโครงสร้าง และวัสดุที่ใช้มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ทำให้สามารถประหยัดฐานรากได้

2. ทำการก่อสร้างได้ง่ายและรวดเร็ว

3. สามารถติดตั้งงานระบบท่อ หรือระบบอุปกรณ์อาคารต่าง ๆ ซ่อนไว้ในโครงสร้าง ผนังหรือพื้นได้ง่ายและสะดวก รวดเร็ว

4. ทำการดัดแปลง ต่อเติม หรือซ่อมแซมแก้ไขได้ง่ายกว่า

5. มีอิสระในการเลือกใช้วัสดุปิดผนังภายนอกได้มากกว่า

6. ราคาก่อสร้างน่าจะถูกกว่าบ้านโครงสร้าง ค.ส.ล.ทั่ว ๆ ไป ถ้าใช้วัสดุและก่อสร้างภายในประะทศ

7. การก่อสร้างด้วยไม้จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าวัสดุก่อสร้างพื้นฐานอื่น ๆ ถ้าปลูกป่าหมุนเวียนให้เพียงพอ

สรุปข้อเสียเปรียบของการก่อสร้าง 2 x 4

1. กำลังวัสดุโครงสร้างไม้มีน้อยกว่าของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมาก

2. ความทนทานถาวรของวัสดุโครงสร้าง และวัสดุก่อสร้างอื่น ๆ โดยรวมมีน้อยกว่า เนื่องจากใช้ไม้และผลิตภัณฑ์ไม้เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งมีปัญหาเรื่องความชื้น และปลวกหรือแมลงมากกว่า

3. ต้องการการดูแลรักษาที่ดีกว่า

4. ระบบผนังภายนอกมีความซับซ้อนมากกว่า (ประกอบด้วยวัสดุหลายชั้น)

5. การเจาะช่องเปิดผนังจะมีผลกระทบกับระบบโครงสร้างโดยรวม จึงต้องออกแบบไว้ล่วงหน้า หรือต้องใช้ช่างที่มีความรู้ในการปรับเปลี่ยนแก้ไข เมื่อสร้างเสร็จแล้ว

ตารางที่ 2 สรุปผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำระบบก่อสร้าง 2 x 4 ของแคนาดามาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย

	หัวข้อพิจารณา	ระดับความเป็นไปได้			หมายเหตุ
		สูง	ปานกลาง	ต่ำ	
1.	ไม่ขัดแย้งกับข้อกฎหมายและเทศบัญญัติ	✔			สำหรับบ้านสูง 1-2 ชั้น
2.	ระบบโครงสร้างที่มั่นคง แข็งแรง และประหยัด	✔			
3.	วัสดุและแหล่งวัตถุดิบภายในประเทศ			✔	ไม้ขาดแคลนต้องนำเข้าจากต่างประเทศ หรือต้องปลูกป่าเศรษฐกิจให้เพียงพอ
4.	วัสดุทดแทน		✔		อาจใช้ไม้เนื้อแข็งบางชนิดหรือเหล็กขึ้นรูปเย็นแทนไม้เนื้ออ่อน ส่วนวัสดุอื่นเกือบทั้งหมดสามารถผลิตได้ภายในประเทศ

	หัวข้อพิจารณา	ระดับความเป็นไปได้			หมายเหตุ
		สูง	ปานกลาง	ต่ำ	
5.	ช่างไม้ก่อสร้าง			✔	มีช่างไม้ท้องถิ่นแต่ต้องฝึกอบรมเพิ่มเติม หรือให้สถาบันการศึกษาผลิตช่างไม้แบบอเมริกันเพิ่มขึ้นด้วย
6.	ราคาค่าก่อสร้างที่ประหยัด	✔			ถ้าใช้วัสดุและแรงงานภายในประเทศเป็นสำคัญ
7.	รูปแบบสถาปัตยกรรมที่สามารถตอบสนองความต้องการของตลาด และดัดแปลงให้เหมาะสมกับภูมิอากาศได้	✔			บ้านจัดสรรของไทยโดยทั่วไปได้รับอิทธิพลหรือรูปแบบของต่างประเทศ และระบบก่อสร้าง 2 x 4 ก็สามารถสร้างรูปทรงได้หลากหลาย
8.	การยอมรับของตลาด			✔	ต้องใช้เวลาในการพิสูจน์และเปลี่ยนค่านิยมเดิม ๆ ที่คนไทยส่วนใหญ่ต้องการ บ้านซึ่งใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงและทนทานสูงเกินจำเป็น (แต่มักก่อสร้างไม่ได้ตามมาตรฐาน)
9.	ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคม	✔			ถ้าใช้วัสดุและแรงงานภายในประเทศเป็นสำคัญ
10.	ไม่ก่อให้เกิดปัญหาหรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รุนแรงกว่าวัสดุและระบบก่อสร้างแบบอื่น	✔			ต้องทำสวนป่า ปลูกต้นไม้หมุนเวียนให้เพียงพอกับความต้องการ

สรุปปัญหาและอุปสรรคในการนำเอาระบบ 2 x 4 มาใช้ในประเทศไทย

1. วัสดุไม้ขาดแคลน จึงต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ หรือต้องปลูกสวนป่ารองรับให้เพียงพอ

2. ความเชื่อและค่านิยมของคนไทยโดยทั่วไปซึ่งเคยชินกับบ้านที่มีโครงสร้างแข็งแรง และใช้วัสดุที่มีความคงทนถาวรสูงเกินจำเป็น

3. ขาดช่างไม้หรือช่างที่มีความรู้และประสบการณ์ในการก่อสร้างแบบใหม่ (ต้องเปิดสอนหรือฝึกอบรมขึ้นมาโดยเฉพาะ)

4. มาตรฐานไม้แปรรูป และผลิตภัณฑ์ไม้ประกอบ ควรได้รับการปรับปรุงหรือพัฒนาให้ดีขึ้น

5. เทคโนโลยีและมาตรฐานการก่อสร้างที่สามารถป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากความชื้น ปลวกและแมลง เพื่อช่วยให้อาคารมีความคงทนถาวรและง่ายต่อการดูแลรักษา ควรได้รับการพัฒนาให้เป็นที่ยอมรับกันแพร่หลาย

ข้อเสนอแนะและแนวทางการประยุกต์ระบบก่อสร้าง 2 x 4 เพื่อใช้ในประเทศไทย

1. ควรพิจารณาวัสดุโครงสร้างอื่นแทนไม้เนื้ออ่อน (Softwood) ที่นำเข้าจากต่างประเทศ เช่น ไม้เนื้อแข็ง (hardwood) หรือไม้โตเร็วที่สามารถปลูกได้ในประเทศไทย และต้องมีการพัฒนาปลูกป่าเศรษฐกิจควบคู่ไปด้วย เพื่อลดการพึ่งพาไม้ต่างประเทศและรักษาสมดุลทางธรรมชาติ

2. เหล็กขึ้นรูปเย็นที่ผลิตภายในประเทศ มีแนวโน้มที่นำมาใช้ทดแทนไม้ได้ในอนาคต อาจเป็นวัสดุที่ตลาดยอมรับได้ง่ายกว่าไม้ เพราะมีกำลังวัสดุสูง และมีมาตรฐานการผลิตที่ดีกว่าไม้ (แต่เป็นสนิมได้ง่าย และทำการก่อสร้างได้ยากกว่า) จึงควรศึกษาระบบการก่อสร้างบ้านด้วยเหล็กเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างกับโครงสร้างไม้

3. ควรพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ประกอบ และไม้โครงสร้างประกอบภายในประเทศให้สามารถนำมาใช้ทดแทนไม้แปรรูปให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยต้องให้ความสำคัญในเรื่องมาตรฐานของวัสดุที่ผลิต และรายละเอียดการก่อสร้างที่สำคัญ (Critical construction detail) เช่น รอยต่อต่าง ๆ การป้องกันความชื้น และการป้องกันปลวก เป็นต้น

4. ควรพิจารณาใช้โครงสร้างไม้ผสมผสานร่วมกับวัสดุและกรรมวิธีการก่อสร้างแบบอื่น ๆ เพื่อความหลากหลายของรูปแบบ และความเหมาะสมของการใช้งาน เช่น อาจใช้ร่วมกับแผ่นพื้นคอนกรีตเบา (Lightweight concrete floor) หรืออาจออกแบบให้โครงสร้างไม้ 2 x 4 วางอยู่บนคานดินหรือโครงสร้าง ค.ส.ล.ที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป และอาจออกแบบให้ชั้นล่างเป็นผนังรับน้ำหนัก (ก่ออิฐ หรือคอนกรีตบล็อค) ตามปกติ แต่ชั้นบนใช้การก่อสร้าง 2 x 4 หรือโครงสร้างไม้ประยุกต์ แทนก็ได้

5. ควรปรับเปลี่ยนตำแหน่งแผ่นกันชื้น (Vapour barrier) ของผนัง เนื่องจากประเทศไทยใช้เครื่องปรับอากาศแทนเครื่องทำความร้อน และอาจต้องปรับปรุงระบบผนังใหม่ เพื่อให้ก่อสร้างได้ง่ายขึ้น หรือมีชั้นวัสดุน้อยลง

6. ควรพิจารณาทบทวนวัสดุฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสม เนื่องจากประเทศไทยมีความชื้นสูง และในทางปฏิบัติเป็นการยากที่จะห่อหุ้มบ้านทั้งหลังไม่ให้เกิดการรั่วซึมของความชื้น และน้ำฝน ฉนวนบางชนิดจะมีประสิทธิภาพและอายุการใช้งานลดลงมากเมื่อเปียกน้ำ

7. ควรพิจารณาลดขนาดไม้โครงสร้าง ความหนาของผนัง และมาตรฐานของฉนวนกันความร้อนให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและเทศบัญญัติของประเทศไทยเพื่อความประหยัด เนื่องจากบ้าน 2 x 4 ของแคนาดามีมาตรฐานการก่อสร้างบางอย่างสูงเกินความจำเป็นสำหรับประเทศไทย ซึ่งจะช่วยลดราคาค่าก่อสร้างลงได้อีกทางหนึ่งด้วย

8. ควรสนับสนุนให้มีการวิจัยหาชนิดของไม้โตเร็วที่มีความเป็นไปได้ในการทำสวนป่าเพื่อนำไม้มาใช้กับการก่อสร้างระบบนี้ (Wood frame construction) โดยเฉพาะเพราะไม่จำเป็นต้องใช้ไม้ที่มีคุณสมบัติบางประการดีทัดเทียมกับไม้เนื้อแข็งที่นิยมใช้ในงานก่อสร้างแบบดั้งเดิม