

สร้างบ้านโดยเทคโนโลยีการพิมพ์ ๓ มิติ

วรศักดิ์ กนกนุกุลชัย

ราชบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตสภา, worsak.k@chula.ac.th

บทนำ

หลายปีที่ผ่านมา เทคโนโลยีการพิมพ์ ๓ มิติได้รับความสนใจอย่างมาก เบื้องต้นเทคโนโลยีนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยมีจุดเด่นที่มีความสามารถในการ “พิมพ์” ผลิตภัณฑ์ได้อย่างแม่นยำตามแบบดิจิทัลที่มีรูปแบบ ๓ มิติเชิงซับซ้อน ปัจจุบันนี้มีการนำเทคโนโลยีการพิมพ์ ๓ มิติมาใช้ในการกระบวนการผลิตชิ้นส่วนจริงในอุตสาหกรรมหลายอย่าง เช่น การผลิตชิ้นส่วนอวัยวะเทียม การผลิตชิ้นส่วนสำหรับยานอวกาศ

ระหว่าง ๒-๓ ปีนี้ เริ่มมีข่าวความพยายามใช้เทคโนโลยีการพิมพ์ ๓ มิติในภาคการก่อสร้างที่ไม่เป็นเพียงวิธีการผลิตชิ้นส่วนในโรงงานแล้วนำไปประกอบที่หน้างาน แต่เป็นการ “พิมพ์” บ้านทั้งหลังที่หน้างานจนเสร็จ ถือเป็นการต่อยอดจากเทคโนโลยีการจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling - BIM) ด้วยผู้เขียนในฐานะวิศวกรโครงสร้างจึงสนใจติดตามข้อดีข้อเสียเทคโนโลยีใหม่นี้ในภาคการก่อสร้าง โดยเฉพาะสำหรับประเทศไทย

การพิมพ์ ๓ มิติเป็นกระบวนการแปลงแบบผลิตภัณฑ์ทางดิจิทัลให้เป็นผลิตภัณฑ์ทางกายภาพโดยตรง ไม่มีวัสดุส่วนเกินเหลือใช้ ไม่มีค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ทว่า รูปแบบโครงสร้างรับน้ำหนักจะไม่ใช่ระบบโครงเสาและคาน (Beam-Column Frames) แบบเดิมที่คุ้นเคย แต่จะเป็นโครงสร้างรับน้ำหนักแบบผนังรับแรงกด (Load Bearing Walls) ความท้าทายอีกประการหนึ่งคือวัสดุที่ใช้ในการพิมพ์โครงสร้างจะไม่ใช้คอนกรีตเสริมเหล็กที่คุ้นเคยอีกด้วย แต่จะเป็นวัสดุของเหลวที่สามารถฉีดผ่านหัวฉีดของเครื่องพิมพ์ที่มีความร้อนสูง เมื่อผ่านหัวฉีดออกมาแล้วจะแข็งตัวในเวลาสั้น วัสดุที่แข็งตัวแล้วจะต้องมีสมบัติต่าง ๆ ตามความจำเป็นในการใช้งาน

เครื่องพิมพ์ ๓ มิติทำงานอย่างไร

การทำงานของเครื่องพิมพ์ ๓ มิติมีลักษณะเดียวกับเครื่องพิมพ์ ๓ มิติที่ได้ออกแบบและโหลดไว้ใน “สมอง” ของเครื่องพิมพ์ในคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะขนาดเล็กทุกประการ โดยจะแปลงเป็นคำสั่งให้เครื่องพิมพ์เคลื่อนที่ในระนาบ ๒ มิติ (X-Y) ก่อน ระหว่างนั้นหัวพิมพ์จะฉีดวัสดุที่หลอมละลายไปตามเส้นทางบนระนาบ X-Y เมื่อเสร็จแล้วหัวพิมพ์จะเลื่อนขึ้นหนึ่งชั้นตามแกนตั้ง Z เพื่อดำเนินการพิมพ์วัสดุในชั้นถัดไป ชั้นต่อชั้น (ภาพที่ ๑)

หัวใจสำคัญในการบุกเบิกอุตสาหกรรมเทคโนโลยีการพิมพ์อาคาร ๓ มิติ คือการสร้างเครื่องพิมพ์ ๓ มิติมาตรฐานขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบอยู่บนเครนสูง ที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ให้หัวพิมพ์เปลี่ยนตำแหน่งได้ทั้ง ๓ ทิศทาง เครื่องพิมพ์ ๓ มิติสำหรับฉีดวัสดุคอนกรีตที่พิมพ์ได้เร็วที่สุดคือระยะ ๑ เมตรต่อวินาที ชื่อ BOD2 ผลิตโดยบริษัทเดนมาร์ก COBOD ถือเป็นเครื่องพิมพ์ที่ได้รับความนิยมสูงสุดในปัจจุบัน

วัสดุที่ใช้

ทางเทคนิค เครื่องพิมพ์ ๓ มิติสามารถพิมพ์วัสดุที่ละลายได้ที่อุณหภูมิสูงประมาณ ๑๗๐ องศาเซลเซียส แล้วแข็งตัวอีกครั้งเมื่อออกจากหัวฉีด สำหรับการสร้างอาคารสิ่งปลูกสร้าง เครื่องพิมพ์ ๓ มิติปกติจะเลือกใช้ คอนกรีตเหลวที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์กับมวลละเอียดด้วยน้ำยาผสมพิเศษ โดยอาจเพิ่มวัสดุเสริมสมบัติอื่น ๆ เช่น อนุภาคเถ้าลอย เส้นใยสังเคราะห์ เพื่อปรับให้วัสดุที่พิมพ์ออกมาแล้ว เมื่อแข็งตัวจะมีสมบัติตรงตามความต้องการ เช่น สมบัติการยึดติดระหว่างเลเยอร์ การแข็งตัวของวัสดุสูง ที่ต้องใช้เวลานานในการก่อร่างตามแบบ รวมทั้งสมบัติการเป็นฉนวน และสมบัติความทนไฟ นอกจากนี้ ยังสามารถเพิ่มส่วนผสมพลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) ผสมเศษปูนเศษหินที่นำมาบดให้เป็นมวลละเอียด เป็นต้น

ความได้เปรียบ

- ความเร็ว : การพิมพ์ ๓ มิติสามารถ “พิมพ์” บ้านอยู่อาศัยชั้นเดียวเสร็จภายในเวลาไม่กี่วัน แทนที่จะเป็นเดือนหรือปีภายใต้การก่อสร้างแบบเดิม
- ลดวัสดุส่วนเกินและขยะ : การพิมพ์ ๓ มิติ นอกจากไม่ต้องใช้ไม้แบบแล้ว ยังสามารถแก้ปัญหาวัสดุส่วนเกินและขยะจากการก่อสร้างได้ เนื่องจากการพิมพ์ ๓ มิติใช้วัสดุเท่าที่จำเป็นในการพิมพ์เท่านั้น
- อิสระในการออกแบบ : สถาปนิกสามารถสร้างการออกแบบที่ซับซ้อนด้วยนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์ได้มากขึ้น トラบเท่าที่การออกแบบเป็นไปตามความสามารถในการพิมพ์แบบขั้นต่อขั้นในแนวตั้ง

ความท้าทาย

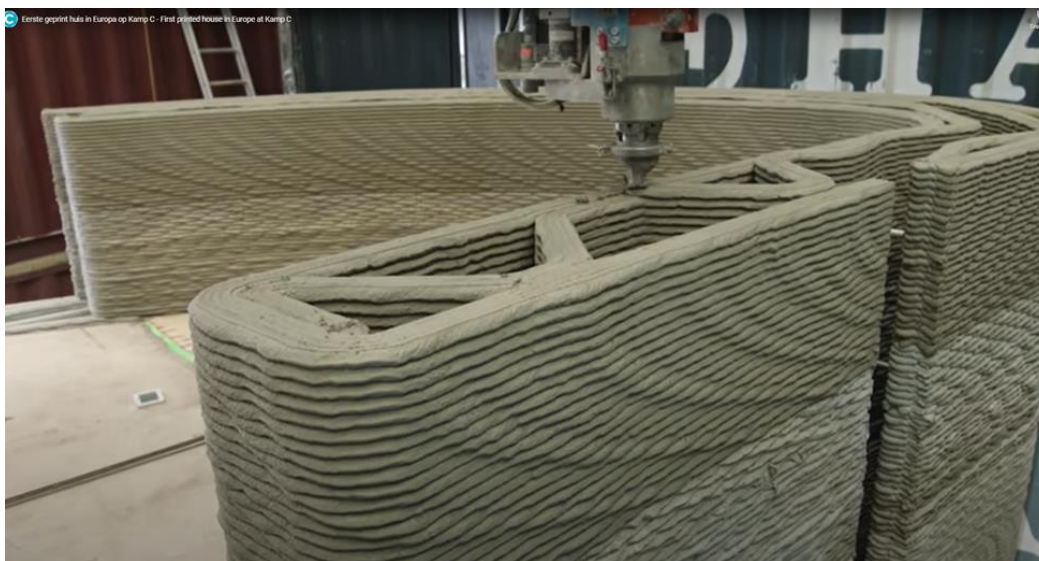
- ต้นทุน : ความท้าทายสูงสุดคือต้นทุนในการซื้อหรือเช่าอุปกรณ์เครื่องพิมพ์ ๓ มิติที่มีมูลค่าสูง ความคุ้มค่าจึงขึ้นอยู่กับจำนวนสิ่งปลูกสร้างที่จะพิมพ์จากเครื่องพิมพ์ ๓ มิตินี้
- ข้อจำกัด : รูปแบบโครงสร้างที่พิมพ์ ๓ มิตินั้น จะไม่เป็นระบบโครงสร้างและคานที่คุ้นเคยมาแต่เดิม แต่จะถูกจำกัดที่ระบบผนังรับแรงกด กรณีที่เป็นโครงสร้างอาคารเกินหนึ่งชั้นนั้น นอกเหนือจากเรื่องผนังที่ใช้เครื่องพิมพ์ได้ ยังคงต้องอาศัยแรงงานในการประกอบแผ่นพื้น หลังคา และระบบสาธารณูปโภคภายในอาคารอื่น ๆ

โมเดลทางธุรกิจ

โมเดลธุรกิจการสร้างอาคารด้วยการพิมพ์ ๓ มิติอาจแบ่งเป็น ๒ รูปแบบ

(๑) ธุรกิจรับออกแบบและพิมพ์อาคารครบวงจรบนที่ดินของลูกค้า (ภาพที่ ๒) ซึ่งควรเป็นอาคารไม่เกิน ๒ ชั้น โดยที่ผู้ประกอบการจะต้องจัดซื้อหรือเช่าเครื่องพิมพ์ ๓ มิติ

(๒) ผู้ประกอบการบ้านจัดสรรหรือหน่วยงานรัฐซื้อเครื่องพิมพ์ ๓ มิติเพื่อพิมพ์บ้านจำนวนมากขายให้ผู้มีรายได้น้อย (ภาพที่ ๓) เป็นต้น



ภาพที่ ๑ หัวพิมพ์เครื่องพิมพ์ ๓ มิติ BOD2 ที่สามารถพิมพ์ในระนาบด้วยความเร็ว ๑ เมตรต่อวินาที ส่วนวัสดุที่ใช้พิมพ์เป็นคอนกรีตส่วนผสมพิเศษ i.tech 3D ที่พัฒนาโดยบริษัท HeidelbergCement สำหรับงานพิมพ์ ๓ มิติ โดยเฉพาะ (ภาพจาก <https://www.designboom.com/architecture/kamp-c-3d-prints-two-story-house-08-17-2020/>)



ภาพที่ ๒ อาคารหลังแรกในประเทศเยอรมนีที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ๓ มิติ ซึ่งใช้เวลาพิมพ์เพียง ๑๐๐ ชั่วโมง เป็นอาคารที่มีพื้นที่ใช้งาน ๓๘๐ ตารางเมตร ทั้งนี้ ส่วนที่พิมพ์คือผนังกำแพงแนวตั้งทั้งหมด ส่วนพื้นและบันไดหล่อจากโรงงานมาติดตั้ง จุดเด่นคือโปรแกรมสามารถพิมพ์โดยเว้นช่องว่างตามตำแหน่งที่มีท่อจากระบบเดินผ่าน (ภาพจาก <https://interestingengineering.com/germanys-first-3d-printed-residential-building-is-near-completion>)

บทสรุป

แม้เทคโนโลยีการพิมพ์อาคาร ๓ มิติจะดูเหมือนมีศักยภาพที่จะนำมาใช้ในการผลิตสิ่งปลูกสร้างทั่วไป แต่ส่วนใหญ่โดยเฉพาะอาคารที่สูงกว่าหนึ่งชั้น การพิมพ์มักทำได้เฉพาะชิ้นส่วนอาคารที่เป็นผนังแนวดิ่ง ส่วนประกอบอื่น เช่น บันได พื้น และหลังคา ยังต้องใช้วิธีหล่อมาประกอบ หรือหล่อที่หน้างาน การพิมพ์อาคาร ๓ มิติจึงเหมาะแก่การพิมพ์อาคารบ้านอยู่อาศัยชั้นเดียว แต่เนื่องจากต้นทุนที่สูงของเครื่องพิมพ์ ๓ มิติ ความคุ้มค่าของเทคโนโลยีนี้จำต้องขึ้นอยู่กับการผลิตเป็นจำนวนมาก (Mass Production) จึงเหมาะสำหรับโครงการบ้านจัดสรรหรือหมู่บ้านชุมชน (Community Village) ที่ต้องการพิมพ์บ้านอยู่อาศัยชั้นเดียวจำนวนมากภายในเวลาจำกัด เพราะบ้านแต่ละหลังจะสามารถพิมพ์เสร็จภายในเวลาไม่กี่วันเท่านั้น



ภาพที่ ๓ บ้านสำหรับผู้ไร้ที่อยู่อาศัย ที่พิมพ์โดยเครื่องพิมพ์ Icon's Vulcan II ในเมืองออสติน รัฐเท็กซัส สหรัฐอเมริกา ใช้วัสดุ Lavacrete ของ บริษัท ICON ที่เชี่ยวชาญด้านการก่อสร้างโดยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ ๓ มิติ (ภาพจาก <https://khn.org/news/3d-printed-housing-designed-for-the-homeless-and-needy-seniors/>)