วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2025.04.001

บทความวิจัย

การประเมินอัตราการเกิดของเสียจากกิจกรรมในงานก่อสร้างอาคารสูงสำหรับการบรรลุเป้าหมายการก่อสร้างที่ยั่งยืน

ชญานิษฐ์ วิทยาภิรมย์[1] นรารัชต์พร นวลสวรรค์[2*] และ ชาติ เจียมไชยศรี[3]

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง
[2] ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[3] ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: Nararatchporn.n@cit.kmutnb.ac.th

วันที่รับบทความ: 4 พฤศจิกายน 2567: วันที่ทบทวนบทความ:18 ธันวาคม 2567: วันที่ตอบรับบทความ: 6 มกราคม 2568
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 21 เมษายน 2568

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์อัตราการเกิดของเสียจากการก่อสร้างอาคารสูงประเภทที่พักอาศัยสูง 8 ชั้น โดยศึกษาของเสียจากกิจกรรมงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม โดยภาพรวมพบว่าของเสียสามารถจำแนกได้เป็น 8 ประเภท ได้แก่ เศษคอนกรีต (50.5 %) เศษเหล็ก (25.5 %) เศษอิฐมวลเบา (12 %) เศษไม้แบบ (5.5 %) เศษกระเบื้อง (4.4 %) ขยะทั่วไป (1.6 %) บรรจุภัณฑ์หรือห่อวัสดุ (0.4 %) และ เศษพลาสติก PVC (0.1 %) ตามลำดับ โดยของเสียทั้งหมดมีปริมาณรวม 280 ตัน คิดเป็นอัตราการเกิดของเสียต่อพื้นที่ของอาคารที่ก่อสร้างประกอบด้วยเศษวัสดุของเสียหลักได้แก่ คอนกรีต (14.82 กก./ตร.ม.) เหล็ก (8.13 กก./ตร.ม.) อิฐ (3.82 กก./ตร.ม.) และไม้แบบ (1.76 กก./ตร.ม.) ตามลำดับ ส่วนงานสถาปัตยกรรมประกอบด้วยเศษกระเบื้อง (1.40 กก./ตร.ม.) ขยะมูลฝอยทั่วไป (0.51 กก./ตร.ม.) บรรจุภัณฑ์หรือห่อวัสดุ (0.13 กก./ตร.ม.) และ PVC (0.03 กก./ตร.ม.) ตามลำดับ กิจกรรมที่ก่อให้เกิดของเสียมากที่สุดในส่วนของงานโครงสร้าง ได้แก่ งานฐานราก รองลงมาได้แก่ คานยึดและผนังรับแรงเฉือน พื้นอัดแรงภายหลัง เสา งานก่ออิฐมวลเบา และงานก่อผนังทั่วไป ตามลำดับ สำหรับงานสถาปัตยกรรมกิจกรรมที่ก่อให้เกิดของเสียมาก ได้แก่ งานฝ้าเพดาน งานตกแต่งพื้น และงานติดตั้งสุขภัณฑ์/อุปกรณ์ ตามลำดับ งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการวางแผนจัดการของเสียโดยให้ความสำคัญกับกิจกรรมในงานก่อสร้างเพื่อลดของเสียจากสถานที่ก่อสร้าง เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และส่งเสริมการก่อสร้างที่ยั่งยืน

คำสำคัญ: การจัดการของเสีย; อาคารสูง; ของเสียจากการก่อสร้าง; การจัดการอย่างยั่งยืน

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2025.04.001

บทความวิจัย

Assessing Waste Generation Rate from Activities in High-Rise Building Construction for Achieving Sustainable Construction Goals

Chayanid Witthayaphirom[1] Nararatchporn Nuansawan[2*] and Chart Chiemchaisri[3]

[1] Department of Environmental Science, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University

[2] Department of Civil and Environmental Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[3] Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University

* Corresponding author, E-mail: Nararatchporn.n@cit.kmutnb.ac.th

Received: 4 November 2024; Revised: 18 December 2024; Accepted: 6 January 2025

Online Published: 21 April 2025

Abstract: This research aims to analyze the waste generation rate from constructing high-rise residential buildings with more than 8 floors. The study focuses on waste from structural and architectural activities. Overall, waste was classified into eight types: concrete debris (50.5%), scrap metals (25.5%), lightweight brick debris (12.0%), formwork timber debris (5.5%), tile debris (4.4%), general waste (1.6%), packaging or material wrappings (0.4%), and PVC waste (0.1%), totaling 280 tons of waste. The waste generation rate per unit area of construction building consists of the main waste components as follows: concrete debris (16.12 kg/m^2), scrap metals (8.13 kg/m^2), brick debris (3.82 kg/m^2), and formwork timber debris (1.76 kg/m^2). For architectural work, the waste includes tile debris (1.40 kg/m^2), general waste (0.51 kg/m^2), packaging (0.13 kg/m^2), and PVC waste (0.03 kg/m^2). The structural activities with higher waste generation are foundation work followed by tie beam and shear wall work, post-tension slab work, columns, lightweight brick wall construction, and general wall construction. For architectural work, high waste-generating activities are ceiling work, floor finishing, and sanitary fittings installation, respectively. This study highlights the importance of waste management planning, emphasizing construction activities to reduce waste produced at site thus minimize environmental impact and promote sustainable construction.

Keywords: Waste Management; High-Rise Building; Construction Waste; Sustainable Management

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2025.04.001

1. บทนำ

อุตสาหกรรมก่อสร้างมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเขตเมือง ซึ่งมีการขยายตัวของโครงการก่อสร้างอย่างรวดเร็ว [1] เพื่อรองรับความต้องการด้านที่อยู่อาศัย สถานประกอบการธุรกิจ และอุตสาหกรรม การก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ เช่น ถนน ทางระบายน้ำ ระบบขนส่งมวลชน มีบทบาทสำคัญต่อการตอบสนองต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจ นอกจากนี้อาคารสูงประเภทที่พักอาศัยยังคงตอบสนองความต้องการที่อยู่อาศัยในเขตเมือง ส่งผลให้แนวโน้มธุรกิจรับเหมาก่อสร้างเติบโตตามมูลค่าการลงทุน โดยเฉพาะอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่ที่ได้รับการลงทุนมูลค่ามหาศาลอย่างต่อเนื่องจากภาครัฐและเอกชน การพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนจึงต้องให้ความสำคัญกับนโยบายระดับโลกโดยเฉพาะเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) การวางแผนระบบการก่อสร้าง เป็นแนวทางสำคัญต่อการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ ตรงกับเป้าหมายที่ 11 ของ SDGs ซึ่งมุ่งเน้นการทำให้เมืองและการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ ครอบคลุมความปลอดภัย และยั่งยืน อย่างไรก็ตาม การเติบโตของอุตสาหกรรมก่อสร้างมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจ การพัฒนาเมือง และมีประโยชน์หลายด้าน แต่กิจกรรมการก่อสร้างกลับก่อให้เกิดมลพิษด้านของเสียอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีสัดส่วนปริมาณที่เกิดขึ้น คิดเป็นร้อยละ 30% ของปริมาณของเสียทั้งหมดทั่วโลก [2] ซึ่งในสหรัฐอเมริกาพบว่าของเสียจากงานก่อสร้างมีปริมาณมากกว่าขยะมูลฝอยชุมชนถึง 2 เท่าในปี 2018 และส่งผลกระทบต่อสุขภาพ [3] โดยของเสียจากงานก่อสร้างและรื้อถอนมีการปล่อยคาร์บอนประมาณพันล้านตันต่อปี [4,5] โดยข้อตกลงปารีสเสนอให้จำกัดการเพิ่มของอุณหภูมิโลกเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลกลง 50% ภายในปี 2573 [6] ทั้งนี้ของเสียจากก่อสร้างของประเทศไทยมีการผันแปรจากการวางแผนและพฤติกรรมของผู้รับเหมา โดยสาเหตุที่พบบ่อย ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงแบบและวัสดุที่ใช้ในกระบวนการก่อสร้างแต่ละขั้นตอนก่อให้เกิดของเสียในปริมาณมาก ส่วนใหญ่ของเสียที่เกิดจากกิจกรรมงานก่อสร้างจากงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม เช่น เศษอิฐ หิน ดิน ทราย คอนกรีต เศษไม้ โลหะต่าง ๆ เหล็ก กระป๋อง ตลอดจนกระดาษและพลาสติก ของเสียบางชนิดสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่บางชนิดไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ จึงเกิดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นสำหรับการนำของเสียไปกำจัด เช่น ระบบฝังกลบอาจต้องรับกำจัดของเสียก่อสร้างถึงร้อยละ 30-40 ของพื้นที่ทั้งหมด จากการศึกษาของ Yeeprae et al. ระบุว่า อาจมีการกำจัดของเสียจากการก่อสร้างอย่างไม่ถูกต้องได้ถึงร้อยละ 85 ของปริมาณที่เกิดขึ้นทั้งหมด เช่น นำไปทิ้งในที่ว่างเปล่าหรือแม่น้ำ ลำคลอง หรือคิดเป็นปริมาณโดยเฉลี่ยวันละ 300 ตัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 0.5 ของปริมาณขยะมูลฝอยโดยรวมทั้งหมด [7] ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การปนเปื้อนในดิน น้ำ อากาศ จากการกำจัด รวมถึงเกิดการสิ้นเปลืองทรัพยากร [8-10] จึงควรมีการพิจารณาจัดการของเสียดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพมนุษย์ รวมถึงส่งเสริมความมั่นคงของเมืองในระยะยาว การพัฒนากลยุทธ์การจัดการของเสียที่มีประสิทธิภาพจะช่วยส่งเสริมการเข้าสู่เป้าหมายการก่อสร้างยั่งยืน ซึ่งหมายถึงการทำงานก่อสร้างที่ให้ความสำคัญกับ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2025.04.001

สิ่งแวดล้อม ผ่านการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การจัดการของเสียในกิจกรรมงานก่อสร้างอาคารสูงประเภทที่พักอาศัยเป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างมาก โดยแนวทางจัดการของเสียที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ได้แก่ การลดปริมาณการเกิดของเสียที่ป้องกันการเกิดตั้งแต่ต้นทางก่อนเข้าสู่กระบวนการ 3Rs (Reduce Reuse Recycle) เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิด [11] อย่างไรก็ตาม การพัฒนาพื้นที่ก่อสร้างก่อให้เกิดปริมาณขยะจำนวนมากในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนหากไม่ได้รับการจัดการที่เหมาะสมและเป็นระบบอาจนำไปสู่ปัญหามลพิษ เช่น การปนเปื้อนในแหล่งน้ำ หรือการสะสมของขยะในที่สาธารณะ ทั้งนี้ในพื้นที่จังหวัดนนทบุรีและปทุมธานี ถือเป็นพื้นที่สำคัญที่มีการพัฒนาขยายตัวทางเศรษฐกิจและที่อยู่อาศัยอย่างรวดเร็ว มีลักษณะทางกายภาพและบริบทของพื้นที่มีความคล้ายคลึงกัน เช่น การใช้ที่ดิน ซึ่งเป็นแหล่งที่พักอาศัยและการเชื่อมต่อกับโครงสร้างพื้นฐานในเมือง รวมถึงข้อกำหนดด้านสัดส่วนพื้นที่ว่างต่อพื้นที่ใช้สอย (FAR: Floor Area Ratio) และ OSR (Open Space Ratio) มีความยืดหยุ่นกว่ากรุงเทพมหานคร จึงเป็นที่มาของพื้นที่ศึกษา

ดังนั้น งานวิจัยนี้สนใจศึกษาวิเคราะห์อัตราการเกิดของเสียจากกิจกรรมในงานก่อสร้างอาคารสูงประเภทที่พักอาศัย ต่อการวางแผนงานก่อสร้างในอนาคตให้เกิดการใช้วัสดุอย่างเหมาะสม คุ้มค่า ลดปริมาณของเสียจากการก่อสร้างอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ เป็นโครงการก่อสร้างอาคารสูงประเภทที่พักอาศัย สูง 8 ชั้น ที่มีขนาดใกล้เคียงกันในซึ่งมีความจำเพาะในส่วนของรูปแบบประเภทอาคารกรรมวิธีการก่อสร้าง การใช้อิฐก่อ ฐานราก tie beam งานพื้น flat slab เสา shear wall หรืองานพื้น post tension ขนาดพื้นที่รวมทุกชั้นเท่ากับ 9,000 ตารางเมตร และ 8,500 ตารางเมตร ตามลำดับ

2.2 ขั้นตอนวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ทำการศึกษากิจกรรมในงานก่อสร้างอาคารสูงประเภทที่พักอาศัย ดังนี้

2.2.1 วิเคราะห์ประเภทและอัตราการเกิดของเสียในงานก่อสร้าง

ทำการศึกษาตั้งแต่โครงการเริ่มก่อสร้าง จนงานแล้วเสร็จ ในจังหวัดนนทบุรี และปทุมธานี เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 221 วัน และ 245 วัน ซึ่งลักษณะของงานที่ก่อให้เกิดของเสีย แบ่งออกเป็นส่วนงานโครงสร้างหลัก ได้แก่ งานฐานราก งานพื้น งานบันได งานก่อผนัง งานฝ้าเพดาน งานระบบสุขาภิบาล และงานพื้นรอบอาคาร และส่วนงานสถาปัตยกรรม ได้แก่ งานสี งานตกแต่งผนังภายใน-ภายนอก งานตกแต่งพื้น งานตกแต่งบันได งานประตู-หน้าต่าง งานสุขภัณฑ์ งานระบบไฟฟ้าระบบส่องสว่าง โดยทำการวิเคราะห์โดยชั่งน้ำหนักของเสียที่เกิดขึ้นแต่ละกิจกรรมจากทั้งสองส่วนงาน ซึ่งลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างอาคารพักอาศัยสูงในบริเวณอาคารก่อสร้างจังหวัดนนทบุรี และปทุมธานี แสดงดังรูปที่ 1 และ 2

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2025.04.001

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณโดยการชั่งน้ำหนักของเสียตามประเภทในแต่ละกิจกรรมโดยบันทึกทุกสัปดาห์เพื่อหาอัตราการเกิด และสัดส่วนของเสีย แต่ละประเภทคิดเป็นร้อยละในของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้น

2.2.2 วิเคราะห์แนวทางในการจัดการของเสีย

ศึกษาแนวทางในการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นในรายกิจกรรมงานก่อสร้างอาคารสูงตามกระบวนการ 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle) เพื่อลดของเสียที่จะเกิดขึ้นตั้งแต่ขั้นวางแผนงานก่อสร้าง ตลอดกระบวนการก่อสร้าง

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 ประเภทของของเสียจากการก่อสร้างอาคารพักอาศัยสูง

จากการคัดแยกประเภทขยะและชั่งน้ำหนักของเสียที่เกิดจากการก่อสร้างอาคารสูงประเภทที่พักอาศัย ส่วนใหญ่ของเสียที่เกิดขึ้น ได้แก่ เศษคอนกรีต เศษอิฐ เศษเหล็ก และเศษกระเบื้อง ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Uyasatian and Ussawarujikulchai [12] โดยเมื่อพิจารณาประเภทขยะและร้อยละของของเสียที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งได้ 8 ประเภทโดยเฉลี่ย ดังนี้ เศษคอนกรีต 50.51% เศษเหล็ก 25.48% เศษอิฐ 11.99% เศษไม้แบบ 5.51% เศษกระเบื้อง 4.39% ขยะมูลฝอย 1.60% บรรจุภัณฑ์/ห่อวัสดุ 0.42% และ เศษ PVC 0.10% ตามลำดับ (รูปที่ 3) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาบัญชีรายการวัสดุ (BOQ) ของงานโครงสร้างหลักพบว่าปริมาณของคอนกรีตที่ใช้ทั้งโครงการมีปริมาณรวมทั้งสิ้น 4,250 ลูกบาศก์เมตร เหล็ก 725 ตัน ไม้แบบ 20,000 ตารางเมตร โดยสาเหตุ

รูปที่ 1 ลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นบริเวณอาคารก่อสร้าง (จังหวัดนนทบุรี)

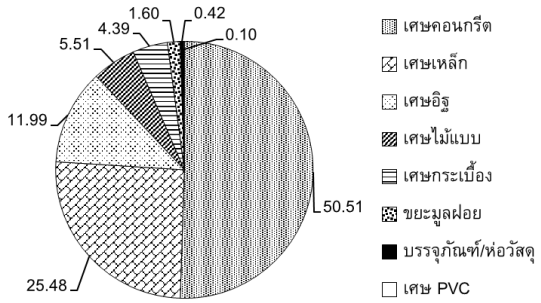
รูปที่ 2 ลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นบริเวณอาคารก่อสร้าง (จังหวัดปทุมธานี)

ของการสูญเสียวัสดุ เกิดจากปัญหาหลักได้แก่ การขาดการวางแผนงานก่อสร้างที่เหมาะสม การเปลี่ยนแปลงแบบหน้างาน การขาดระบบการจัดการวัสดุ การเร่งรัดการปฏิบัติงานมากเกินไป คนงานขาดความเชี่ยวชาญในการทำงาน และการสื่อสารที่ไม่ชัดเจน เป็นต้น [7,13]

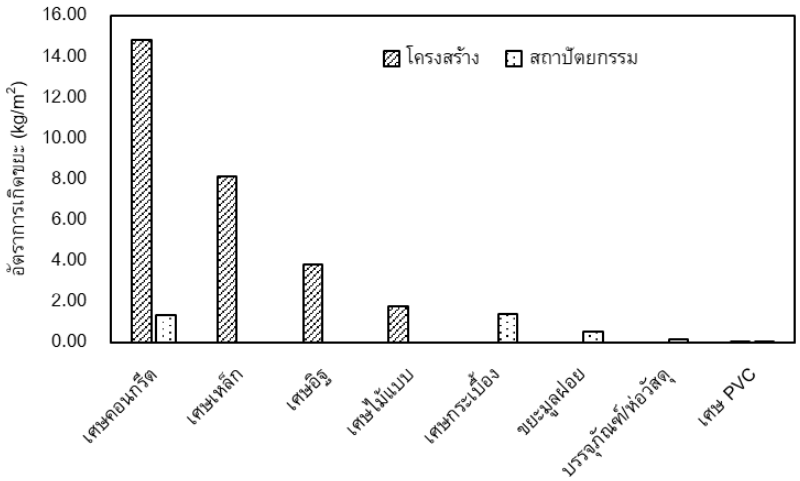
วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2025.04.001

3.2 อัตราการเกิดของเสียจากการก่อสร้างอาคารสูง

การวิเคราะห์อัตราการเกิดของเสียต่อพื้นที่เท่ากับ 30.81 kg/m^2 (รูปที่ 4) เมื่อพิจารณาแบ่งตามลักษณะงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม พบว่าอัตราการเกิดของเสียในหน่วยกิโลกรัมต่อตารางเมตร (kg/m^2) ของงานโครงสร้าง ได้แก่ เศษคอนกรีต 14.82 kg/m^2 เศษเหล็ก 8.13 kg/m^2 เศษอิฐ 3.82 kg/m^2 และเศษไม้แบบ 1.76 kg/m^2 ตามลำดับ ขณะที่งานสถาปัตยกรรม เป็นเศษกระเบื้อง 140 kg/m^2 ขยะมูลฝอยทั่วไป 0.51 kg/m^2 บรรจุภัณฑ์/ห่อวัสดุ 0.13 kg/m^2 และเศษ PVC 0.03 kg/m^2 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวพบว่าบริษัทรับเหมาก่อสร้างมีส่วนก่อให้เกิดของเสียจากงานก่อสร้างในปริมาณมากรวมถึงของเสียที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแบบก่อสร้างที่ไม่ลงตัว ทำให้เป็นเศษยากต่อการนำไปใช้ใหม่อีกครั้ง [14] การเตรียมการและจัดการงานก่อสร้างที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพจึงมีส่วนสำคัญลดปริมาณของเสียเพื่อบรรลุเป้าหมายการก่อสร้างที่ยั่งยืน



รูปที่ 3 สัดส่วนร้อยละของของเสียอาคารสูงจังหวัดนนทบุรีและจังหวัดปทุมธานี



รูปที่ 4 อัตราการเกิดของเสียก่อสร้างอาคารพักอาศัยสูง

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2025.04.001

ตารางที่ 1 แสดงถึงการก่อสร้างอาคารสูงประเภทที่พักอาศัยแต่ละกิจกรรมมีผลต่ออัตราการเกิดของเสียแตกต่างกัน โดยกิจกรรมงานพื้นอัดแรงภายหลังและการขึ้นเสาชั้นที่ 2-8 ก่อให้เกิดเศษคอนกรีต (4.49 kg/m^2) และเศษไม้แบบ (0.98 kg/m^2) มากที่สุด ซึ่งการเทคอนกรีตลงในแบบ มีคอนกรีตบางส่วนที่ไหลล้นจากแบบ รวมถึงเศษไม้แบบจากการตัดไม้ตามขนาดเพื่อทำการเข้าแบบสำหรับเทคอนกรีต ซึ่งแต่ละงานจะมีขนาดที่แตกต่างกันและเหลือเศษไม้แบบมาก เศษอิฐ (3.51 kg/m^2) ส่วนมากเกิดจากกิจกรรมงานก่ออิฐมวลเบาผนังทั่วไป ในทางปฏิบัติมีการตัดอิฐเพื่อให้ใช้งานได้ตามขนาดจึงทำให้มีส่วนที่แตกหักไม่สามารถนำมาใช้ต่อได้ เศษกระเบื้อง (1.11 kg/m^2) เกิดจากกิจกรรมงานตกแต่งพื้น จากการตัดกระเบื้องที่ผิดพลาดไม่ได้ขนาดตามต้องการและแตกหัก ของเสียอื่น (0.23 kg/m^2) เกิดจากกิจกรรมงานฝ้าเพดาน บรรจุภัณฑ์/ห่อวัสดุ (0.03 kg/m^2) จากกิจกรรมงานตกแต่งพื้นและงานสุขภัณฑ์/อุปกรณ์ ทั้งนี้ของเสียประเภทบรรจุภัณฑ์/ห่อวัสดุเป็นกระดาษคราฟท์ ไม่สามารถนำไปใช้ต่อในกิจกรรมใดๆ ได้ และเศษ PVC (0.02 kg/m^2) เกิดจากกิจกรรมงานสุขภัณฑ์/อุปกรณ์ การตัด PVC ในแบบต่างๆ ผิดพลาดไม่ได้ขนาดตามต้องการ ทำให้เกิดของเสีย เนื่องจากบางส่วนนำไปใช้ต่อไม่ได้ การลดปริมาณของเสียดังกล่าวสามารถดำเนินการได้โดยพิจารณาปรับปรุงการก่อสร้างในแต่ละขั้นตอน [15] รวมถึงพิจารณาศักยภาพในการคัดแยกของเสียในพื้นที่ตามแนวคิด “สถานที่ก่อสร้างปลอดขยะ” [16] ทั้งนี้ผู้มีส่วนร่วมที่มีผลต่อการจัดการของเสียจากงานก่อสร้าง ได้แก่ ลูกค้า ผู้รับเหมาหลัก ผู้รับเหมาช่วง ผู้จำหน่ายสินค้าและบริษัทรับรีไซเคิลวัสดุ โดยมีปัจจัยต่างๆ ที่ต้องพิจารณา ได้แก่ มูลค่าของของเสียประเภทต่างๆ ศักยภาพในการคัดแยกของเสียในสถานที่ ประสบการณ์และทักษะของผู้ปฏิบัติงาน การจำหน่ายของเสีย และวิธีการรวบรวมและกำจัดของเสีย

3.3 แนวทางการจัดการของเสียจากการก่อสร้าง

แนวทางการจัดการขยะโครงการก่อสร้างอาคารสูงตามประเภทขยะกิจกรรมที่เกิดขึ้น เป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยลดปริมาณขยะ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนี้

3.3.1. ขยะโครงสร้างเกิดจากการก่อสร้าง

1. เศษวัสดุจากโครงสร้าง (Structural Waste) เช่น ฐานราก เสา คาน และพื้น ซึ่งมักประกอบด้วยวัสดุที่มีน้ำหนักมากและมีมูลค่าการรีไซเคิลสูง เช่น คอนกรีต เหล็ก เสา คาน และไม้แบบ

การจัดการ: เก็บรวบรวมและแยกเศษวัสดุที่ยังใช้งานได้ เช่น เหล็กเส้น คัดแยกเหล็กที่ยังคงสภาพดีและส่งต่อให้โรงงานรีไซเคิล นำเศษคอนกรีตไปใช้ถมที่หรือใช้เป็นวัสดุรองพื้นถนน และไม้แบบใช้ซ้ำในงานก่อสร้างอื่น หรือนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์

2. ขยะจากวัสดุก่อสร้าง (Construction Materials Waste) เช่น อิฐ หิน ปูน กระเบื้อง

การจัดการ: เศษวัสดุที่ยังสมบูรณ์ เช่น กระเบื้องและอิฐ สามารถคัดแยกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ขยะที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ เช่น ปูนที่แข็งตัวแล้ว สามารถนำไปบดเพื่อใช้เป็นวัสดุพื้นฐานในงานอื่น ๆ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2025.04.001

ตารางที่ 1 อัตราการเกิดของเสีย (ในหน่วย กก.ต่อตร.ม.; kg/m^2) ในแต่ละกิจกรรมในการก่อสร้างอาคารสูง

ลำดับ	กิจกรรม	เศษคอนกรีต	เศษเหล็ก	เศษอิฐ	เศษไม้แบบ	เศษกระเบื้อง	ขยะมูลฝอย	บรรจุภัณฑ์/ห่อวัสดุ	เศษ PVC
	<u>งานโครงสร้าง</u>								
1	ฐานราก tie beam and shear wall ของชั้นใต้ดิน	3.60	3.59	-	0.44	-	-	-	-
2	งานพื้น flat slab เสา shear wall ของชั้นที่ 1	4.01	2.59	-	0.32	-	-	-	-
3	งานพื้น post tension และเสาของชั้นที่ 2-8	4.49	1.28	-	0.98	-	-	-	-
4	งานพื้นชั้นดาดฟ้า	1.34	0.07	-	-	-	-	-	-
5	งานบันไดของชั้นที่ 1 – ดาดฟ้า	-	0.07	-	0.02	-	-	-	0.01
6	งานโครงสร้างระบบสุขาภิบาล	-	-	-	-	-	-	-	-
7	งานพื้นรอบอาคาร	1.39	0.54	-	-	-	-	-	-
8	งานก่ออิฐมวลเบา ผนังทั่วไป	-	-	3.52	-	-	-	-	-
9	งานก่ออิฐมอญผนังห้องน้ำ	-	-	0.31	-	-	-	-	-
	<u>งานสถาปัตยกรรม</u>								
10	งานตกแต่งผนัง พื้น ห้องน้ำ	-	-	-	-	0.29	0.20	0.02	-
11	งานฉาบผนังภายใน ภายนอก	1.30	-	-	-	-	-	0.01	-
12	งานตกแต่งผนังนอกอาคาร	-	-	-	-	-	0.01	-	-
13	งานฝ้าเพดาน	-	-	-	-	-	0.23	0.02	-
14	งานตกแต่งพื้น	-	-	-	-	1.11	-	0.03	-
15	งานประตู-หน้าต่าง	-	-	-	-	-	-	-	-
16	งานทาสี	-	-	-	-	-	-	-	-
17	งานสุขภัณฑ์/อุปกรณ์	-	-	-	-	-	0.05	0.03	0.02
18	งานตกแต่งบันได	-	-	-	-	-	0.01	0.01	-
19	งานระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง	-	-	-	-	-	0.02	0.01	-
	ปริมาณของเสียรวม (kg/m^2)	**16.12**	**8.13**	**3.82**	**1.76**	**1.40**	**0.51**	**0.13**	**0.03**

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2025.04.001

3. ขยะพลาสติกและวัสดุบรรจุภัณฑ์ (Plastic and Packaging Waste) เช่น ฟิล์มห่อสินค้า ถุงพลาสติก กล่องกระดาษ

การจัดการ: คัดแยกวัสดุที่รีไซเคิลได้ เช่น พลาสติกแข็งและกล่องกระดาษ ส่งไปรีไซเคิล ลดการใช้พลาสติกแบบใช้ครั้งเดียว โดยใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้

4. ขยะเศษอาหารและขยะทั่วไป (Organic and General Waste) เช่น เศษอาหารของคนงาน บรรจุภัณฑ์ใช้แล้ว

การจัดการ: ขยะอินทรีย์สามารถนำไปทำปุ๋ยหมัก ขยะทั่วไปที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ควรกำจัดโดยวิธีที่ปลอดภัย เช่น ฝังกลบ

3.3.2. ขยะสถาปัตยกรรม

ขยะสถาปัตยกรรมเกิดจากการตกแต่งภายในและการติดตั้งส่วนประกอบของอาคาร ขยะที่เกิดขึ้นส่วนงานนี้ เช่น กระเบื้องเซรามิก กระจก ไม้ วัสดุบุพื้นและผนัง การจัดการส่วนใหญ่เป็นการรีไซเคิลและการนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น กระเบื้องเซรามิก: นำเศษกระเบื้องที่ไม่เสียหายมาใช้ซ้ำในงานตกแต่ง หรือบดเป็นวัสดุถม กระจก: คัดแยกและส่งให้โรงงานรีไซเคิลกระจก ไม้: ใช้ไม้เหลือใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์หรือพาเลทไม้ นอกจากนี้การบริจาควัสดุสถาปัตย์ที่ยังคงคุณภาพ เช่น ประตู หน้าต่าง และกระเบื้อง สามารถบริจาคให้กับองค์กรหรือชุมชนที่ต้องการ และการจัดการขยะที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้ เช่น พรมและวัสดุบุผนัง ควรเลือกการกำจัดอย่างปลอดภัย เช่น การฝังกลบหรือเผาในโรงงานที่มีการจัดการมลพิษอย่างเหมาะสม

นอกจากนี้แนวทางระบบการจัดการของเสียในงานก่อสร้างอาคารสูงประเภทที่พักอาศัยควรได้รับการออกแบบให้ที่มีประสิทธิภาพและนำไปสู่เป้าหมายความยั่งยืน สามารถนำข้อแนะนำดังต่อไปนี้ในการปรับปรุงและพัฒนาระบบการจัดการของเสียในโครงการก่อสร้างอย่างเหมาะสม:

1. การลดการเกิดของเสียจากแหล่งกำเนิด (Reduce): ลดปริมาณเศษสิ่งก่อสร้างให้น้อยที่สุด โดยการใช้วัสดุคุณภาพดี การวางแผนงานก่อสร้างอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดการเกิดของเสียในโครงการ ขั้นตอนการวางแผน ออกแบบ การจัดซื้อ ก่อสร้าง ปรับปรุง รื้อถอน มีส่วนสำคัญ ดังตัวอย่างของกรณีศึกษา [17] ซึ่งได้ศึกษาแนวทางในการจัดการของเสียจากงานก่อสร้างและงานรื้อถอน

2. การเก็บรวบรวมของเสียในพื้นที่โครงการ โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม เช่น การใช้ระบบท่อระบายน้ำเสีย การใช้ภาชนะเก็บกักของเสียและการวางแผนการเคลื่อนย้ายและการจัดการของเสียอย่างเหมาะสม

3. การนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ (Reuse): การนำของเสียที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในการก่อสร้างหรือในการใช้งานอื่นๆ เพื่อลดการเกิดของเสียและลดการใช้วัสดุใหม่ และลดต้นทุนในการจัดการของเสีย [10] โดยบูรณาการการจัดการของเสียจากงานก่อสร้างที่เกิดขึ้นเพื่อการกู้คืนทรัพยากรสู่การก่อสร้างแบบหมุนเวียน [18]

4. การรีไซเคิล (Recycle): โดยนำวัสดุในของเสียที่ยังมีคุณค่าทางเศรษฐกิจกลับมาใช้ใหม่ผ่านกระบวนการรีไซเคิล เช่น การนำเศษเหล็ก กระดาษ และพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ โดยมีตัวอย่างการผลิตตะปู

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2025.04.001

จากเหล็กเหลือทิ้ง [19] ทั้งนี้ผลประโยชน์จากการรีไซเคิลในธุรกิจก่อสร้างอาจไม่ได้เกิดจากกำไรในรูปผลตอบแทนทางการเงินเพียงอย่างเดียว แต่รวมถึงการส่งผลต่อความเชื่อถือทางสังคมและความยั่งยืนขององค์กรด้วย อย่างไรก็ตามการดำเนินการรีไซเคิลอย่างเป็นรูปธรรมมักเกิดขึ้นได้ยากสำหรับผู้รับเหมารายเล็กทั่วไป [1]

5. การนำพลังงานกลับมาใช้ (Energy Recovery) โดยการเปลี่ยนขยะที่เผาไหม้ได้ เช่น เศษไม้ พลาสติก หรือกระดาษ เป็นพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อน ใช้เศษไม้เหลือจากการก่อสร้างเป็นเชื้อเพลิงในโรงงาน Waste-to-Energy (WTE)

6. การออกแบบเพื่อการลดขยะ (Design for Waste Minimization) โดยการใช้ระบบก่อสร้างแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเพื่อลดการสูญเสียวัสดุในไซต์งาน (Modular Construction) และออกแบบโครงสร้างที่สามารถถอดประกอบและนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ได้เมื่อหมดอายุการใช้งาน (Design for Deconstruction)

7. การจัดการเชิงลอจิสติกส์ (Logistics Management) วางแผนการขนส่งวัสดุที่เหมาะสมเพื่อลดการสูญเสียระหว่างขนส่ง ใช้ระบบ Just-In-Time (JIT) เพื่อลดการเก็บสต็อกวัสดุที่อาจเสื่อมคุณภาพ

8. การจัดทำฐานข้อมูลของเสีย (Waste Inventory Management) โดยเก็บข้อมูลของเสียแต่ละประเภทเพื่อวางแผนการจัดการอย่างเป็นระบบใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อติดตามปริมาณขยะและการจัดการในแบบเรียลไทม์

9. การนำกลับมาใช้ใหม่เชิงสร้างสรรค์ (Upcycling) แปรรูปวัสดุก่อสร้างเหลือใช้ให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น ใช้เศษคอนกรีตทำวัสดุทดแทนสำหรับถนน เศษไม้ นำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ หรือของตกแต่ง ใช้ทำวัสดุปูพื้นหรืองานตกแต่งผนัง กระจกและกระเบื้อง บดเป็นวัสดุสำหรับตกแต่ง เช่น กระเบื้องโมเสก ใช้ในงานศิลปะหรือผลิตภัณฑ์แก้วใหม่ และวัสดุผสม (Composite Materials) นำไปใช้ในงานตกแต่งหรืองานออกแบบที่ไม่ต้องการคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมสูง การอัพไซเคิลขยะจากการก่อสร้างเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) อย่างยั่งยืน

10. การลำเลียงของเสียไปยังสถานที่จัดการของเสียที่เหมาะสม เช่น การขนส่งเศษคอนกรีต เหล็ก และไม้จากไซต์ก่อสร้างไปยังศูนย์รีไซเคิลวัสดุก่อสร้าง ซึ่งศูนย์ดังกล่าวจะมีระบบคัดแยกและแปรรูปวัสดุต่างๆ สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในงานก่อสร้างอื่นๆ ได้ เพื่อลดการกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมในพื้นที่โครงการ

11. การสร้างความตระหนักรู้ในการจัดการของเสียในกิจกรรมก่อสร้าง เช่น การจัดอบรมให้กับคนงานก่อสร้างและผู้รับเหมาเกี่ยวกับการคัดแยกของเสียในสถานที่ก่อสร้าง โดยเน้นความสำคัญของการแยกขยะรีไซเคิล เช่น เหล็ก ไม้ และคอนกรีตแยกจากขยะที่ต้องทิ้งจริง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการขยะ นอกจากนี้ การติดตั้งป้ายประชาสัมพันธ์ในพื้นที่ก่อสร้าง เพื่อเตือนให้ทุกคนในไซต์มีส่วนร่วมในการจัดการขยะอย่างถูกต้อง และการสอนให้ผู้เกี่ยวข้องเข้าใจถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมจากการจัดการขยะที่ไม่ถูกวิธี ก็เป็นแนวทางในการสร้างความตระหนักที่มีประสิทธิภาพ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2025.04.001

การใช้แนวทางการจัดการของเสียจากการก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals - SDGs) ดังนี้:

1. ลดมลพิษทางอากาศ น้ำ และดิน (SDG 6: Clean Water and Sanitation) ในการจัดการขยะอย่างเหมาะสม เช่น การคัดแยกและการรีไซเคิล ช่วยลดการปล่อยสารพิษและฝุ่นละอองที่อาจเกิดจากการฝังกลบขยะก่อสร้างในที่เปิด การลดการเผาขยะช่วยลดการปล่อยก๊าซพิษ ทำให้ลดความเสี่ยงด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เช่น ป้องกันไม่ให้สารเคมีจากสีและโลหะหนักรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำหรือดิน

2. ลดปริมาณขยะที่ต้องกำจัดและสนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียน (SDG 12: Responsible Consumption and Production) การนำวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ เช่น คอนกรีต เหล็ก และไม้ ช่วยลดปริมาณขยะที่ต้องกำจัด ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียน นอกจากนี้ยังช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติใหม่ ซึ่งสนับสนุนให้เกิดการบริโภคและผลิตอย่างรับผิดชอบ

3. ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสนับสนุนการต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (SDG 13: Climate Action) การรีไซเคิลและนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ในงานก่อสร้าง ช่วยลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตวัสดุใหม่ เช่น การใช้คอนกรีตรีไซเคิลแทนการผลิตคอนกรีตใหม่จะช่วยลดการใช้ทรัพยากรและการปล่อยก๊าซคาร์บอน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการลดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

(4) ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน (SDG 15: Life on Land) การจัดการของเสียจากก่อสร้างอย่างเหมาะสมช่วยลดการใช้พื้นที่ป่าและที่ดินเพื่อสร้างสถานที่กำจัดของเสียเพิ่มเติม การป้องกันการรั่วไหลของสารเคมีอันตรายจากของเสียจากการก่อสร้างสู่ธรรมชาติยังเป็นการรักษาความหลากหลายทางชีวภาพและลดความเสี่ยงต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศด้วย

การจัดการของเสียจากการก่อสร้างอย่างมีประสิทธิภาพจึงมีส่วนสำคัญในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ รวมถึงยังสอดคล้องกับการบรรลุเป้าหมายด้านความยั่งยืนของ SDGs อีกหลายเป้าหมาย ซึ่งเป็นรากฐานในการพัฒนาที่ยั่งยืนอย่างแท้จริง

4. สรุปผลการวิจัย

การเกิดของเสียจากกิจกรรมงานก่อสร้างอาคารสูงประเภทที่พักอาศัย ส่วนใหญ่เกิดจากงานโครงสร้างคิดเป็น 8.5 เท่าของงานสถาปัตยกรรม โดยเฉพาะเศษคอนกรีต เศษเหล็ก เศษอิฐ และเศษไม้แบบ ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการก่อสร้างที่ใช้วัสดุเหล่านี้ในปริมาณมาก นอกจากนี้ กิจกรรมที่ก่อให้เกิดของเสียมากที่สุดในงานโครงสร้าง ได้แก่ งานฐานรากคานยึด และผนังรับแรงเฉือนของชั้นใต้ดิน งานพื้น Post Tension และเสาของชั้นที่ 2-8 รวมถึงงานก่ออิฐมวลเบาผนังทั่วไป ก็เป็นอีกหนึ่งกิจกรรมที่ก่อให้เกิดของเสียในปริมาณสูง สำหรับงานสถาปัตยกรรม ของเสียส่วนใหญ่เกิดจากงานฝ้า เพดาน งานตกแต่งพื้น และงานติดตั้งสุขภัณฑ์/อุปกรณ์ จากการเก็บข้อมูลของโครงการที่ศึกษาพบว่ามีอัตราการเกิดของเสียในงานโครงสร้างและงานสถาปัตย์เท่ากับ 28.54 kg/m^2 และ 3.36 kg/m^2

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2025.04.001

ตามลำดับ ซึ่งควรต้องมีการจัดการของเสียดังกล่าวอย่างเหมาะสม พร้อมทั้งการบริหารงานก่อสร้างโดยมีการวางแผนที่ดี เช่น การออกแบบให้ใช้วัสดุอย่างคุ้มค่าโดยใช้เทคโนโลยีการออกแบบ BIM (Building Information Modeling) เพื่อคำนวณวัสดุที่จำเป็นและลดเศษเหลือทิ้ง หรือการวางแผนงานก่อสร้างอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อลดการทำงานผิดพลาดและซ้ำซ้อน เช่น การวางตำแหน่งคาน เสา และผนังให้เหมาะสมตั้งแต่แบบโครงสร้าง เลือกใช้วัสดุสำเร็จรูป (Prefabrication): เช่น แผ่นพื้นสำเร็จหรือผนังคอนกรีตสำเร็จ เพื่อลดการตัดแต่งวัสดุในสถานที่ก่อสร้าง และการตรวจสอบคุณภาพวัสดุและงานก่อสร้าง: เพื่อลดของเสียที่เกิดจากวัสดุเสียหายหรือผิดมาตรฐาน เพื่อลดปริมาณขยะจากแหล่งกำเนิด และวัสดุอื่น ๆ ที่ยังสามารถใช้งานได้ควรนำกลับมาใช้ซ้ำ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการกำจัด และหลีกเลี่ยงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น มลพิษทางน้ำ ดิน อากาศ และการจัดการของเสีย นอกจากนี้ยังเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างเหมาะสมและคุ้มค่า

5. เอกสารอ้างอิง

[1] V. Min, K. Panuwatwanich and K. Matsumoto, Enhancing performance of construction waste management: Factor analysis from the building contractors' perspectives, Cleaner Waste Systems, 2024, 9, 100176.

[2] Z, Bao and W. Lu, Applicability of the environmental Kuznets curve to construction waste management: A panel analysis of 27 European economies, Resources, Conservation and Recycling, 2023, 188, 106667.

[3] S. Lee, H. Chang and J. Lee, Construction and demolition waste management and its impacts on the environment and human health: Moving forward sustainability enhancement, Sustainable Cities and Society, 2024, 115, 105855.

[4] H. Duan, T.R. Miller, G. Liu and V.W.Y. Tam, Construction debris becomes growing concern of growing cities, Waste Management, 2019, 83, 1–5.

[5] Y. Yi, J. Liu, M. C. Lavagnolo and A. Manzardo, Evaluating the carbon emission reduction in construction and demolition waste management in China, Energy and Buildings, 2024, 324, 114932.

[6] J. Soto-Paz, O. Arroyo, L.E. Torres-Guevara, B.A. Parra-Orobio and M. Casallas-Ojeda, The circular economy in the construction and demolition waste management: A comparative analysis in emerging and developed countries, Journal Building Engineering, 2023, 78, 107724.

[7] C. Yeeprae, T. Yomnak and T. Boonyaperm, Construction waste management for sustainable environment, Modern Management Journal, 2011, 9(1), 56–68. (in Thai)

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2025.04.001

[8] K. Kabirifar M. Mojtahedi, C.C. Wang and V.W.Y. Tam, Effective construction and demolition waste management assessment through waste management hierarchy; a case of Australian large construction companies, Journal of Cleaner Production, 2021, 312, 127790.

[9] S.Y. Kim, M.V. Nguyen and V.T.A. Luu, A performance evaluation framework for construction and demolition waste management: stakeholder perspectives, Engineering Construction and Architectural Management, 2020, 27(10), 3189-3213.

[10] N. Udawatta, J. Zuo, K. Chiveralls and G. Zillante, Improving waste management in construction projects: An Australian study. Resources, Conservation and Recycling, 2015, 101, 73-83.

[11] A.H. Assem and H. Karima, Material waste in the UAE construction industry: Main causes and minimization practices, Architectural Engineering and design management, 2011, 7(4), 221-235.

[12] U. Uyasatian and A. Ussawarujikulchai, Estimation of building-related C&D waste generation and composition in Bangkok, Environment and Natural Resources Journal, 2007, 5(2), 133-140. (in Thai).

[13] N. Pitchayapanya, Study of waste management from scraps construction materials in Miyake Seki Factory Project, SSRU Journal of Public Administration, 2018, 1(3), 35-48. (in Thai)

[14] S. Kittiwararat and P. Lertwattanaruk, Strategies for construction waste reduction in small residential buildings, Journal of Architectural/Planning Research and Studies, 2012, 9(2), 81-94. (in Thai)

[15] K. Doust, G. Battista and P. Rundle, Front-end construction waste minimization strategies, Australian Journal of Civil Engineering, 2020, 19(1), 1-11.

[16] W. Lu, Z. Bao, W.M.W. Lee, B. Chi and J. Wang, An analytical framework of “zero waste construction site”: Two case studies of Shenzhen, China, Waste Management, 2021, 121, 343-353.

[17] X. Zhao, R. Webber, P. Kalutara, W. Browne and J. Pienaar, Construction and demolition waste management in Australia: A mini-review, Waste Management and Research, 2022, 40(1), 34-46.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2025.04.001

[18] S.H. Ghaffar, M. Burman and N. Braimah, Pathways to circular construction: An integrated management of construction and demolition waste for resource recovery, Journal of Cleaner Production, 2020, 244, 118710.

[19] Z.T. Abdullah, A sustainable recycling approach for construction: A case of remanufacturing waste rebar into steel nails, Results in Engineering, 2024, 23, 102777.