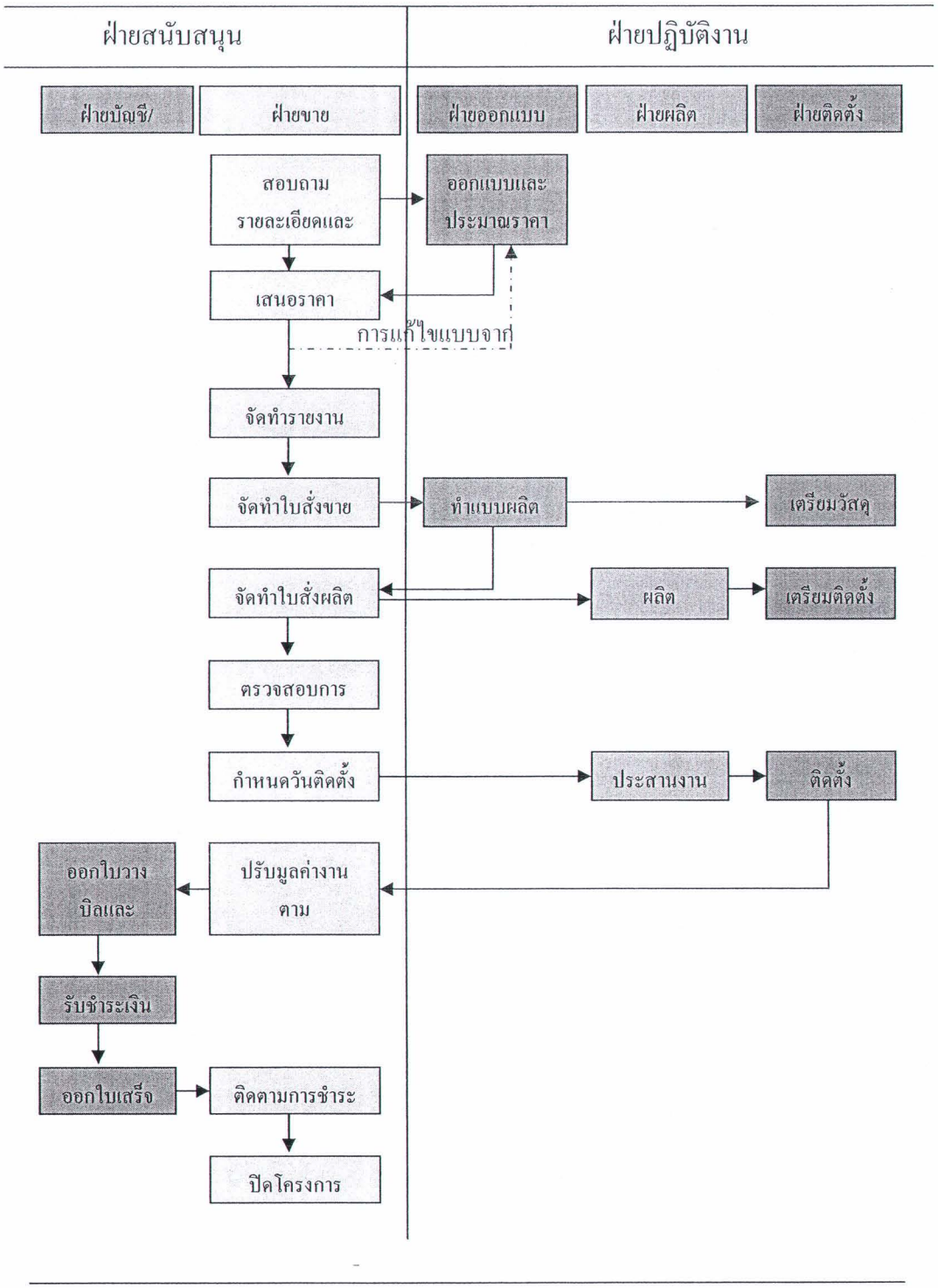
บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่อง ปัญหาในกระบวนการผลิตและการก่อสร้างงานอาคารโดยระบบโครงสร้างสำเร็จรูป กรณีศึกษา บริษัท พิบูลย์คอนกรีต จำกัด ครั้งนี้ผู้ศึกษาได้รวบรวมแนวคิด ทฤษฎี และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นกรอบแนวทางในการศึกษา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ลักษณะของธุรกิจ

บริษัท พิบูลย์คอนกรีต จำกัด ก่อตั้งขึ้นเพื่อประกอบกิจการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูป ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) ที่หลากหลายและครบวงจร ผลิตสินค้าและให้บริการที่ครอบคลุมเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ซึ่งถือเป็นโรงงานที่ใหญ่ที่สุดในภาคเหนือ โดยได้เล็งเห็นถึงการจัดการด้านระบบคุณภาพเพื่อสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้า จึงได้รับการรับรองระบบบริหารคุณภาพ ISO 9001: 2000 ตลอดระยะเวลาการดำเนินกิจการที่ผ่านมาของบริษัทฯ ได้มีการคิดค้นและพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูปออกมาสู่ตลาดอยู่เสมอ จนกระทั่งได้รับการรับรองอนุสิทธิบัตร “ระบบโครงสร้างสำเร็จรูป” จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา ซึ่งเป็นที่ยอมรับของหน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชน (บริษัท พิบูลย์คอนกรีต จำกัด: ออนไลน์) ทั้งนี้ ในการผลิตผลิตภัณฑ์โครงสร้างสำเร็จรูปนั้น บริษัทฯ มีระบบการปฏิบัติการด้านโครงสร้างสำเร็จรูปรวมทั้งสิ้น 3 ฝ่ายด้วยกัน คือ ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต และฝ่ายติดตั้ง โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังภาพที่ 2.1

ขั้นตอนการดำเนินงานผลิตโครงสร้างสำเร็จรูป บริษัทพิบูลย์คอนกรีต จำกัด



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการดำเนินงานผลิตโครงสร้างสำเร็จรูป

จากภาพที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าในส่วนของการผลิตโครงสร้างสำเร็จรูปนั้น เริ่มจากการออกแบบของฝ่ายออกแบบ และประมาณราคา จากนั้นก็จะมีการปรับแก้ไขจากลูกค้าจนเป็นที่

พอใจ จนฝ่ายขายได้จัดทำใบสั่งซื้อจากลูกค้าแล้ว ฝ่ายออกแบบก็จะทำการทำแบบเพื่อผลิตต่อไป โดยจะทำการประสานงานกับฝ่ายติดตั้งในการเตรียมวัสดุติดตั้ง จากนั้นฝ่ายขายก็จะทำการจัดทำใบสั่งผลิต เพื่อให้ฝ่ายผลิตทำการผลิตสินค้าตามความต้องการของลูกค้า และในส่วนของฝ่ายติดตั้งเองก็จะต้องทำการเตรียมติดตั้งสินค้าหน้างานต่อไป ซึ่งในระหว่างนี้เองฝ่ายขายก็จะต้องตรวจสอบการชำระเงินและกำหนดวันติดตั้ง เพื่อให้ฝ่ายผลิตประสานงานในการขนส่งสินค้าไปยังบริเวณหน้างาน จากนั้นก็จะทำการติดตั้งชิ้นส่วนโครงสร้างสำเร็จรูป ณ บริเวณหน้างานเป็นลำดับสุดท้าย โดยจากใบรายงานการแจ้งปรับปรุงคุณภาพของบริษัท พิบูลย์คอนกรีต จำกัด พบว่า เกิดปัญหาในส่วนของฝ่ายปฏิบัติงานทั้งฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต และฝ่ายติดตั้งอยู่บ่อยครั้ง อาทิ มีงานออกเข้ามาพร้อมกัน ทำให้ฝ่ายออกแบบไม่สามารถทำตามแผนที่วางไว้ หรือปัญหาเรื่องขาดการประสานงานระหว่างฝ่ายทำให้ไม่รู้ความคืบหน้าของงาน ฝ่ายผลิตทำการผลิตไม่ได้มาตรฐาน รวมถึงการไม่สามารถผลิตได้ตามความต้องการลูกค้า มีข้อร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องผู้รับเหมาขาดทักษะในการติดตั้ง ไม่มีการประสานงานรายงานความคืบหน้าของงาน เป็นต้น (รายงานการแจ้งปรับปรุงคุณภาพ บริษัท พิบูลย์คอนกรีต จำกัด, 2552: ออนไลน์)

2.2 ระบบ Lean Construction

พาสิทธิ์ หล่อธีรพงศ์ และกมลวัลย์ ลือประเสริฐ (2542: 11-16) ได้ให้ความหมายของ Lean ไว้ว่า คำว่า Lean หากใช้เป็นคำคุณศัพท์สามารถแปลเป็นภาษาไทยได้ว่า “บาง” หรือ “ปราศจากส่วนเกิน” ซึ่งถ้าเปรียบคำนี้กับลักษณะของอุปกรณ์ก็จะเป็นลักษณะของอุปกรณ์สมัยใหม่ที่มีขนาดที่เล็กลงแต่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยในด้านการบริหารและการดำเนินธุรกิจ Lean คือการออกแบบและการจัดการกระบวนการ ระบบ ทรัพยากร และมาตรการต่างๆ อย่างเหมาะสม ทำให้สามารถส่งมอบผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมในครั้งแรกที่ดำเนินการ โดยพยายามให้เกิดความสูญเสียน้อยที่สุด (Minimum Waste) หรือมีส่วนเกินที่ไม่จำเป็นน้อยที่สุด โดยความสูญเสียดังกล่าวนั้นไม่ได้ประเมินจากผลลัพธ์ขั้นสุดท้าย (Final Products) เพียงอย่างเดียว แต่จะประเมินจากกิจกรรมหรือกระบวนการทั้งหมดที่ใช้ทรัพยากรโดยไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (Non-value added) ในการผลิต เช่น ความผิดพลาดในการอ่านแบบ การขาดการสื่อสาร การทำงานนอกเหนือขั้นตอนกระบวนการที่กำหนด กิจกรรมที่มีความซ้ำซ้อนโดยไม่จำเป็น การป้อนทรัพยากรเข้ากระบวนการผลิตช้าหรือเร็วเกินความจำเป็น การสั่งซื้อวัสดุที่ไม่ได้คุณลักษณะเข้ามาใช้งาน การทำงานเสร็จก่อนกำหนดมากเกินไป และผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ไม่ตรงกับความต้องการของลูกค้าเป็นต้น

หลักการ Lean จะเน้นไปที่การจัดหาผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่ลูกค้าต้องการ โดยการทำความเข้าใจในกระบวนการผลิต และบ่งชี้ความสูญเสียภายในกระบวนการเหล่านั้น และกำจัดความสูญเสียเหล่านั้นทีละขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง โดยมีหลักการทั่วไป ดังนี้

- ทำให้เกิดความสูญเสียน้อยที่สุดหรือกำจัดส่วนเกินที่ไม่จำเป็นออกไปให้มากที่สุด

- ทำความเข้าใจในคุณลักษณะและคุณค่าของผลิตภัณฑ์ในมุมมองของลูกค้าโดยตรงและผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ให้ชัดเจน

- บ่งชี้กระบวนการหรือกรรมวิธีในการผลิตในสายงานต่างๆ ที่มีผลต่อคุณลักษณะและคุณค่าดังกล่าวและกำจัดกระบวนการ ที่ไม่ก่อให้เกิด มูลค่าเพิ่มออกไป

- จัดการให้กระบวนการที่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มให้สามารถดำเนินการ (Flow) ได้อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง โดยเน้นที่การประสานงานตรงจุดต่อ (Interfaces) ระหว่างกระบวนการต่างๆ

- อย่าผลิตอะไรที่ยังไม่เป็นที่ต้องการจนกว่าจะมีความต้องการจากลูกค้า (Customer Pull) และเมื่อจะผลิตต้องทำให้เร็วที่สุด

- มุ่งสู่ความสมบูรณ์แบบ โดยการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement)

โดยหลักการ Lean ให้ความสำคัญกับแนวความคิด "ทำให้ถูกตั้งแต่ต้น" ซึ่งในทางทฤษฎีของ Lean แล้ว การ "ทำให้ถูก" ในที่นี้หมายถึงการทำงานที่ป้องกัน ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้อย่างสิ้นเชิง ซึ่งเป็นสาระสำคัญของหลักการ Lean โดยจะต้องมีการวิเคราะห์รายละเอียดของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และกระบวนการผลิตอย่างลึกซึ้ง เพื่อระบุที่มาหรือต้นตอของปัญหาที่อาจมีอยู่อย่างต่อเนื่อง โดยหวังว่าการกำจัดต้นเหตุ ปัญหาเหล่านี้จะทำให้ความ ผิดพลาดที่เกิดขึ้นซ้ำๆในกระบวนการผลิตหมดไป

วิบูลย์ สุรสาคร (2550: ออนไลน์) ได้กล่าวถึงหลักการของ Lean Construction ว่า เป็นการนำแนวคิดมาจาก Lean Production ในอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งหลักการของ Lean คือ การออกแบบและจัดกระบวนการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ อย่างเหมาะสม โดยจะเน้นเรื่องของการวางแผนเพื่อป้องกันความผิดพลาด การสูญเสีย หรือการกำจัดส่วนเกินที่ไม่จำเป็นออกให้มากที่สุด ลดตัวแปรต่างๆ ที่เป็นปัญหาต่อกระบวนการ เพื่อให้มีการดำเนินงานเป็นไปอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ (Work Flow) และเป็นการกำจัดขั้นตอนการทำงานที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มในการผลิต (Non Value Added) ลดขั้นตอนการทำงานซ้ำซ้อน เป็นต้น ทั้งนี้ หลักการของ Lean เป็นแนวความคิดที่สามารถ

นำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างได้ ตั้งแต่การออกแบบจนถึงขั้นตอนการก่อสร้าง โดยการมุ่งเน้นการออกแบบและจัดกระบวนการก่อสร้างอย่างเหมาะสม

โดย พาสิทธิ์ หล่อธีรพงศ์ และกมลวัลย์ ลือประเสริฐ (2542: 11-16) ได้อธิบายถึงการประยุกต์ใช้แนวความคิด Lean ในการก่อสร้างว่า หลักการ Lean ไม่ได้เป็นหลักการแปลกใหม่ แต่เป็นการผสมผสานเทคนิคการบริหารงานที่มีอยู่เดิมเข้าด้วยกันโดยมีเป้าหมายใน การลดความสูญเสียให้มากที่สุด โดยหลักการ Lean ได้ให้ประโยชน์และใช้ได้ผลดีในอุตสาหกรรมการผลิตอย่างกว้างขวาง ในทำนองเดียวกันอุตสาหกรรมก่อสร้างก็น่าจะสามารถนำบางส่วนที่มีลักษณะคล้ายคลึงมาประยุกต์ใช้ได้ การใช้หลักการ Lean โดยมุ่งเน้นไปที่การพัฒนากระบวนการในงานก่อสร้างทั้งระบบน่าจะเป็นประโยชน์ หมายความว่าผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่ายจะต้องมีความมุ่งมั่นร่วมกัน ในการเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องและปฏิบัติงาน เพื่อร่วมมือกันแก้ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นจากรูปแบบการทำธุรกิจแบบดั้งเดิม

จากแนวคิดเกี่ยวกับ Lean Construction ที่ได้กล่าวไปแล้วในข้างต้น สามารถนำหลักการของ Lean มาใช้ในงานก่อสร้าง ได้ดังนี้ พาสิทธิ์ หล่อธีรพงศ์ และกมลวัลย์ ลือประเสริฐ (2542: 11-16)

การออกแบบโครงการก่อสร้าง

ในด้านการออกแบบตามแนวคิดของ Lean Construction นั้น การออกแบบไม่ได้เป็นแค่การออกแบบลักษณะรูปร่าง ภายนอกเพียงอย่างเดียวแต่เป็นการออกแบบให้ได้คุณลักษณะที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งหมายความว่าแบบจะต้องมีความชัดเจนมากที่สุด เพื่อให้ลูกค้าได้รับรู้ถึงรายละเอียดมากที่สุด เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงแบบภายหลัง ซึ่งถือเป็นการสูญเสียอย่างหนึ่ง โดยอาจใช้อุปกรณ์หรือเทคนิคดังต่อไปนี้

- ใช้เทคนิคการแสดงแบบต่างๆ เช่น ภาพเสมือนจริง (Virtual Reality) แบบสามมิติ (3D CAD) หรือ Walk Through ซึ่งเป็นเทคนิคการแสดงแบบที่เหมือนกับกำลังเดินอยู่ในสิ่งก่อสร้าง ในการระบุความต้องการของลูกค้าอย่างชัดเจน เพื่อลดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงแบบในภายหลังโดยลูกค้า

- ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) เพื่อทำความเข้าใจในแบบ และออกแบบโดยเน้นไปที่คุณค่าของแต่ละ Functions ใช้งาน หรือเน้นไปที่คุณลักษณะที่ลูกค้าต้องการ

- ให้ผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้จัดหาและจำหน่ายวัสดุ และผู้รับเหมาช่วงเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องในขั้นตอนการออกแบบ และสนับสนุนให้มีการทำงานร่วมกันในลักษณะของ Partnering

- ออกแบบโดยยึดหลักมาตรฐานที่เป็นที่เข้าใจกันในอุตสาหกรรม หากสามารถใช้ระบบการก่อสร้างแบบประกอบติดตั้ง (Pre-assembly) ได้ ก็สามารถควบคุมคุณภาพ ค่าใช้จ่ายและ

ระยะเวลาได้ดียิ่งขึ้น เพราะการออกแบบให้มีมาตรฐานชัดเจนในการติดตั้งจะช่วยลดปัญหาในการติดตั้งจริง ลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น และใช้เฉพาะเครื่องมือและอุปกรณ์ที่กำหนด และใช้ระยะเวลาที่ค่อนข้างแน่นอน ทำให้ควบคุมการทำงานง่ายขึ้น

การจัดเตรียมทรัพยากร

การจัดเตรียมทรัพยากรเป็นส่วนที่สำคัญเป็นอย่างมากในการทำงานก่อสร้าง ผู้รับเหมามักจะประสบปัญหาในการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการ ให้ทันเวลาที่ต้องการใช้งาน การจัดเตรียมทรัพยากรเป็นงานที่ละเอียดและใช้ระยะเวลาในการดำเนินการ ดังนั้นในโครงการที่ไม่มีการวางแผนงานที่ดี จะไม่สามารถจัดเตรียมทรัพยากรที่ต้องการอย่างทันท่วงทีได้ ทำให้จำเป็นที่จะต้องจัดซื้อวัสดุที่ไม่จำเป็นต้องการใช้ในทันทีไว้ก่อน และต้องหาสถานที่จัดเก็บวัสดุ อุปกรณ์เหล่านั้น ซึ่งขัดกับหลักการ Lean ที่ต้องการเก็บเฉพาะวัสดุที่ต้องการใช้ในช่วงเวลาระหว่างขั้นตอนการดำเนินการเท่านั้น จะเห็นได้ว่าถ้าต้องการปรับปรุงการจัดเตรียมทรัพยากรโดยการใช้หลักการ Lean จะต้องมีการเตรียมความพร้อมหลายประการ โดยควรจะพิจารณาส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ประยุกต์ใช้แนวความคิด Partnering ระหว่างผู้รับเหมากับบริษัทผู้จัดหาวัสดุแทนที่จะซื้อจากบริษัทใดก็ได้โดยควรจะสร้างเครือข่ายของบริษัทจัดหาที่เชื่อถือได้ สร้างความเชื่อถือระหว่างกัน จัดระบบการจัดหาใหม่ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของหลักการ Lean จะทำให้ลดความวิกฤตในการจัดซื้อลง

- จัดหาวัสดุแบบ Just in time จนกระทั่งถึงจุดที่สามารถลดหรือกำจัดที่เก็บวัสดุที่หน้างานหรือกำจัดความซ้ำซ้อนในการจัดการวัสดุออกไป การจัดหาแบบ Just in time ไม่ใช่เรื่องใหม่แต่เป็นเรื่องที่ต้องอาศัยความพยายามในการปฏิบัติ และความร่วมมือจากบริษัทผู้จัดหาวัสดุ รวมถึงการวางแผนการทำงานก่อสร้างที่ดีและชัดเจนด้วย

- ต้องทำให้เกิดความชัดเจนของค่าใช้จ่ายในแต่ละประเภท การกำจัดความสูญเสียในทั้งกระบวนการและกิจกรรมก่อสร้างต่างๆ ควรจะต้องทราบและเข้าใจในเรื่องค่าใช้จ่ายอย่างชัดเจน เพื่อที่จะประกันได้ว่าสามารถตัดสินใจบนพื้นฐานความต้องการของลูกค้าได้

การวางแผนในงานก่อสร้าง

การวางแผนการก่อสร้างเป็นจุดเริ่มต้นของการบริหารโครงการอย่างมีประสิทธิภาพ การวางแผนไม่ได้หมายถึงการวางแผนตามระยะเวลาเท่านั้น แต่ยังหมายถึงแผนค่าใช้จ่าย แผนคุณภาพ และแผนความปลอดภัยด้วย แผนงานก่อสร้างที่ดีจะต้องสามารถนำไปปฏิบัติได้ การวางแผนงานก่อสร้างที่ดีต้องทำโดยผู้มีประสบการณ์ ต้องอาศัยข้อมูลต่างๆของกิจกรรมก่อสร้าง ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดด้านทรัพยากร กฎข้อบังคับ และสภาพหน้างานเป็นต้น โครงการที่ไม่มีการวางแผนเปรียบเสมือนโครงการที่ไม่มีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจนในแง่ของระยะเวลาการก่อสร้าง

ค่าใช้จ่าย และเป้าหมายทางคุณภาพที่เป็นที่ต้องการ แผนงานก่อสร้างเป็นพื้นฐานในการเปรียบเทียบว่าได้ทำตามที่ต้องการหรือไม่ หากขาดการวางแผนก็จะไม่สามารถวัดผลสำเร็จของโครงการได้ ในการประยุกต์ใช้หลักการ Lean ในการวางแผนงานควรคำนึงถึงส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

- การกำหนดบรรทัดฐานการทำงาน (Benchmarking) เพื่อใช้เป็นเป้าหมายและใช้กำหนดแนวทางในการทำงาน การกำหนดบรรทัดฐานจะสามารถใช้ในการเปรียบเทียบการทำงานชนิดเดียวกันในโครงการอื่นๆ ได้ เป็นการสร้างค่านิยมของการปรับปรุงการทำงานอย่างต่อเนื่องขึ้นในองค์กร

- แผนงานก่อสร้างที่ดีต้องมีการระบุสายงานวิกฤตอย่างชัดเจน ทำให้ทราบถึงองค์ประกอบงานหลักๆ ที่เป็นส่วนสำคัญ การให้ความสำคัญกับสายงานวิกฤตและทำงานวิกฤตให้เสร็จตามระยะเวลาที่กำหนดจะ เป็นหลักประกันอย่างหนึ่งที่จะทำให้งานทั้งหมดเสร็จตามเวลา

- จัดระบบการบริหารความเสี่ยง (Risk Management) เพื่อที่จะจัดการกับความเสี่ยงระหว่างการดำเนินการในโครงการ

การก่อสร้าง

การก่อสร้างเป็นส่วนหลักของโครงการก่อสร้าง เป็นการใช้ทรัพยากรต่างๆที่จัดเตรียมไว้เพื่อทำการก่อสร้าง สิ่งปลูกสร้าง หรือส่วนประกอบของโครงสร้างตามสิ่งที่ระบุในแบบและรายการ การประยุกต์ใช้หลักการ Lean ในการก่อสร้าง ควรคำนึงถึงด้านต่างๆ ต่อไปนี้

- การสื่อสารที่ชัดเจนตลอดแผนงานโครงการ ในที่นี้รวมถึง การสั่งงาน การรายงาน การประสานงานระหว่างฝ่ายต่างๆ จะต้องมีความชัดเจน และความเข้าใจที่ตรงกัน การติดต่อสื่อสารที่ไม่เพียงพอจะทำให้เกิดปัญหาในงานก่อสร้าง เนื่องจากมีผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่ายในงานก่อสร้าง การสื่อสารที่ไม่ชัดเจนจะนำไปถึงการสูญเสีย เนื่องจากต้องทำงานซ้ำหรือทำใหม่ได้

- รายงานประจำวันเป็นส่วนหนึ่งในการบอกความก้าวหน้าและสถานะของโครงการ รายงานควรจะเป็นรายงานที่สามารถนำมาประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว โดยอาจใช้ระบบสารสนเทศเข้ามาช่วยในส่วนนี้ เพื่อวัดความก้าวหน้าของงานและสามารถใช้ข้อมูลที่มีสำหรับการตัดสินใจต่อๆ ไปได้ โดยควรที่จะมีการประชุมผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อปรับปรุงการทำงานเป็นระยะๆ

- บุคลากรเป็นส่วนสำคัญในการทำการก่อสร้าง ดังนั้นการฝึกอบรมให้บุคลากรมีความเชี่ยวชาญในงานที่ทำ หรือมีความเข้าใจถึงการทำงานร่วมกันเป็นทีม จึงเป็นส่วนที่สำคัญ เนื่องจากจะไม่สามารถประยุกต์ใช้หลักการ Lean ได้หากขาดความร่วมมือและความเข้าใจจากบุคลากร ซึ่งเป็นหัวใจของการก่อสร้างได้ นอกจากนั้นควรจะฝึกให้บุคลากรมีความสามารถในหลายด้าน รวมถึงระบุขอบเขตอำนาจการตัดสินใจของบุคลากรในลำดับต่างๆ ให้ชัดเจน

- ประเด็นสำคัญอีกประการหนึ่งนอกเหนือจากฝีมือของคนงานก็คือ แรงจูงใจ บุคลากรที่มีฝีมือ แต่ไม่มีแรงจูงใจหรือแรงกระตุ้นที่เหมาะสม แม้ว่าจะได้รับการฝึกฝนที่ดี อาจไม่ทำงานเต็มความสามารถได้ ดังนั้นบุคลากรควรที่จะมีความเชี่ยวชาญในงานที่ทำ มีแรงจูงใจที่เหมาะสม มีความสามารถในหลายๆ ทางเพื่อที่จะสามารถเผชิญกับสถานการณ์ที่ไม่คาดคิดและสามารถรับมือกับสถานการณ์เหล่านั้นได้

2.3 ระบบการก่อสร้างชิ้นส่วนโครงสร้างสำเร็จรูป (Prefabricated Structural System)

การจำแนกระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การจำแนกตามรูปแบบโครงสร้างพื้นฐานของอาคาร หรือจำแนกตามปริมาณการใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Thai Engineering, 2553: ออนไลน์)

2.3.1 การจำแนกระบบตามรูปแบบโครงสร้างพื้นฐานของอาคาร

สามารถจำแนกโดยพิจารณาจากองค์อาคารที่ใช้รับน้ำหนักว่าเป็นลักษณะใด ได้แก่ ระบบที่มีเสาคาน หรือใช้ผนังรับน้ำหนัก

(1) ระบบโครงสร้างเสาและคาน

วัสดุที่ใช้เป็นเสาคาน อาจเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหรือเป็นวัสดุอื่น เช่น เหล็กรูปพรรณก็ได้ คาน (Beam) ทำหน้าที่รับแรงและถ่ายแรงออกทางด้านข้างตามความยาวของคานไปที่จุดรองรับ คือ เสา (Column) ซึ่งทำหน้าที่รับแรงอัด (Compressive Force) ตามแนวแกนเสา

กรณีที่ใช้เสาคานคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป ลักษณะที่ปรากฏภายนอกของงานก่อสร้างและความสามารถในการรับแรงก็จะใกล้เคียงกับงานคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ จะต่างกันเพียงคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปจะมีความสวยงามเรียบร้อยมากกว่า เพราะผลิตจากโรงงานที่สามารถควบคุมชิ้นงานได้ดี โดยทั่วไปไม่ใช้คานคอนกรีตสำเร็จรูปกับเสาเหล็ก หรือเสาไม้ เนื่องจากทำการเชื่อมต่อหรือยึดกันได้ยาก ดังนั้นคานคอนกรีตเสริมเหล็กมักใช้กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยตรงรอยต่อมักใช้วิธีหล่อคอนกรีตที่ปลาย ควบคู่กับอุปกรณ์ประกอบการทำรอยต่อที่ได้รับการออกแบบมาเป็นพิเศษ

คานเหล็ก นิยมใช้ในอาคารขนาดใหญ่ หรืออาคารที่ต้องการลดระยะเวลาการก่อสร้าง หรือต้องการให้โครงสร้างโดยรวมมีน้ำหนักเบากว่าใช้คอนกรีตเสริมเหล็ก แต่ก่อนไม่นิยมใช้กับอาคารเพราะราคาค่อนข้างแพง เนื่องจากต้องออกแบบจุดต่ออย่างพิถีพิถันให้มั่นคงแข็งแรง และต้องหุ้มฉนวนป้องกันอัคคีภัย อาจเลือกใช้เหล็กรูปพรรณชนิดรีดร้อน (Hot-rolled

Steel) หรือเหล็กรีดเย็น (Cold Work Steel) ตามความจำเป็น โดยคานเหล็กอาจใช้ประกอบกับเสาเหล็ก หรือเสาคอนกรีต คานเหล็กอาจใช้รองรับตงไม้ หรืออาจรองรับพื้นเหล็ก พื้นคอนกรีต หรือระบบพื้นไม้ก็ได้

(2) ระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูป

อาคารในประเภทนี้จะใช้ ผนังหล่อสำเร็จนั้นเป็นตัวรับน้ำหนักที่เกิดขึ้นทั้งหมดแทนเสา ระบบนี้มีบริษัทรับสร้างบ้าน และโรงการหมู่บ้านจัดสรรหลายๆ โครงการใช้อยู่ โดยผนังอาคารทั้งหมด (ทั้งภายในและภายนอก) จะถูกหล่อขึ้นโดยคอนกรีตจากโรงงานแล้วนำมาติดตั้งยังหน่วยงานก่อสร้าง โดยที่ในระบบนี้ผนังของอาคารจะถูกออกแบบให้รับน้ำหนักของหลังคาและพื้นชั้นบนแล้วถ่ายลงไปยังฐานรากแทนที่คานและเสา ในระบบนี้ การออกแบบผนังจะต้องมีรายละเอียดแบบทั้งหมดก่อนลงมือหล่อชิ้นส่วน เพราะจะต้องมีการเว้นช่องหน้าต่าง ประตู หรือช่องเปิดอื่นๆ รวมทั้งมีการผังท่อร้อยสายไฟและกล้องสำหรับติดตั้งสวิตซ์ไฟฟ้าไว้ตั้งแต่ตอนหล่อชิ้นส่วน โดยผู้ออกแบบโครงสร้างระบบนี้จะต้องออกแบบให้ผนังทุกชิ้นสามารถรับน้ำหนักที่เกิดขึ้นได้ โดยต้องนำข้อมูลเรื่องช่องเปิดในผนังแต่ละส่วนมาประกอบการคำนวณด้วย

การก่อสร้างระบบนี้จำเป็นต้องใช้ทีมงานที่มีความรู้ความชำนาญเฉพาะทางเท่านั้น ทั้งในด้านการออกแบบ จัดทำชิ้นส่วน และติดตั้ง ไม่สามารถใช้ผู้รับเหมาธรรมดาได้ โดยปรกติการก่อสร้างระบบนี้จะมีบริษัทที่รับทำตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบไปจนก่อสร้างให้ด้วย จุดนี้ทำให้ค่าก่อสร้างโดยรวมจะแพงกว่าระบบธรรมดาอยู่พอสมควร แต่ในต่างประเทศอาจถูกกว่าเพราะค่าแรงงานสูง ยิ่งใช้เวลาสร้างนานค่าใช้จ่ายยิ่งมาก ทำให้ระบบสำเร็จรูปจึงเป็นที่นิยมมากในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยในต่างประเทศ

2.3.2 การจำแนกระบบตามปริมาณการใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป

(1) ระบบการก่อสร้างแบบ Semi Prefabrication

เป็นระบบการก่อสร้างที่พัฒนาขึ้นมาอีกระดับหนึ่ง นอกเหนือไปกว่าการใช้เพียงแผ่นพื้นสำเร็จรูป โดยมีการใช้ระบบคานสำเร็จรูปเข้ามาแทนการผูกเหล็ก เข้าแบบและเทคอนกรีตคาน ในที่จะเหลือเพียงโครงสร้างเสาเท่านั้นที่มีการหล่อในที่ (รวมทั้งรอยต่อปลายคาน และพื้น Slab ที่ต้องการกันน้ำอย่างพื้นห้องน้ำ ระเบียงภายนอก) (Thai Engineering, 2553: ออนไลน์) สิ่งที่ต้องทำที่หน้างานจะลดเหลือเพียงการทำรอยต่อคานกับคาน หรือคานต่อกับเสาเท่านั้น ข้อได้เปรียบที่จะได้จากระบบนี้ก็คือ จะทำให้ลดค่าใช้จ่ายเรื่องค่าไม้แบบ เสา คาน อย่างมาก รวมทั้งค่าแรงงานในส่วนของการผลิตคาน แต่จะต้องเพิ่มค่าใช้จ่าย ค่าเครื่องจักรในการติดตั้ง และค่าขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปไปยังหน่วยงาน การใช้วิธีนี้หากเทียบกับระบบก่อสร้างแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก จะพบว่างานโครงสร้างดำเนินไปเร็วกว่ามาก หากกล่าวถึงระบบ Semi Prefabrication แบบที่ใช้

คอนกรีตเสริมเหล็ก ในขั้นตอนของการออกแบบ จะพบว่าไม่มีอะไรแตกต่างจากการออกแบบโครงสร้างเสริมเหล็กทั่วไปเลย หมายถึง สามารถนำแบบโครงสร้างใดๆ มาทำการจัดคานเป็นชิ้นหรือกลุ่มๆ และเตรียมการหล่อไว้ล่วงหน้าได้ รอเพียงการหล่อเสาเรียบร้อยก็สามารถนำคานขึ้นมาติดตั้งได้ทันที และเมื่อโครงสร้างถูกเชื่อมเสร็จสิ้นก็จะมีความสามารถของการรับแรงเหมือนอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไปทุกประการ

(2) ระบบการก่อสร้างแบบ Fully Prefabrication

โครงสร้างที่สำคัญจะต้องเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป กล่าวคือ ชิ้นส่วนที่รับแรงในแนวดิ่งและชิ้นส่วนในแนวราบ คือ ทั้งพื้น คาน และเสา เป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปทั้งหมด (Thai Engineering, 2553: ออนไลน์) การประกอบเป็นการนำชิ้นส่วนทั้งหมดมาต่อกัน โดยมาก จะเป็นการเชื่อมหรือยึดด้วยระบบ Bolt-Nut อาจมีการเทคอนกรีตหุ้มรอยต่ออีกชั้นหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามงานเสาเข็มและงานฐานรากยังคงต้องทำตามขั้นตอนเหมือนกับงานโครงสร้างแบบหล่อในที่

หากการก่อสร้างถูกมองให้ไกลเกินออกไปมากกว่าการใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปแค่ระบบโครงสร้างหลัก (เสา คาน พื้น) โดยหากสามารถใช้กับส่วนประกอบที่เป็นงานสถาปัตยกรรม อย่างเช่น การใช้ผนังสำเร็จรูป หรืออาจจะรวมถึงช่องเปิดของประตูหน้าต่างในผนังนั้นๆ ด้วย ก็ยิ่งทำให้ระบบสำเร็จรูปสมบูรณ์แบบมากขึ้น

แต่มีข้อสังเกตอย่างหนึ่ง คือ ระบบโครงสร้างสำเร็จรูประบบนี้ รอยต่อของโครงสร้างมักจะเป็น Hinge Joint หากเป็นเสาก็จะถูกออกแบบให้เป็น Centric Loading และหากเป็นคานมักถูกออกแบบให้เป็น Simply Support รวมทั้งระบบพื้นจะเป็น Simply Support เช่นกัน แต่จะรับ Load แบบ One Way หรือ Two Way Slab ก็แล้วแต่ขนาดของแผ่นพื้นนั้นๆ นั่นหมายความว่าโครงสร้างสำเร็จรูประบบนี้มักจะถูกออกแบบโครงสร้างเฉพาะสำหรับอาคารหลังนั้นๆ มาแต่แรกแล้ว เพื่อให้มีความเหมาะเจาะพอดีกับงาน Finishing ที่เกี่ยวเนื่องกัน

2.3.3 เป้าหมายของการใช้ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป

การที่จะนำระบบสำเร็จรูปมาใช้ในการก่อสร้าง เป้าหมายหลัก คือ ต้องการควบคุมองค์ประกอบในงานก่อสร้าง 4 ประการให้ดี (หลักชัย กลั่นสุวรรณ, 2548) ดังนี้

(1) คุณภาพดี (Quality)

ในการพิจารณาเลือกระบบก่อสร้างว่าจะใช้รูปแบบใด ต้องพิจารณาถึงประเด็นต่างๆ ดังนี้

- ประโยชน์ใช้งาน (Functional) สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์
- ความคงทนถาวร (Durability) มีความคงทนถาวรดีไม่แพ้ระบบอื่น
- ความสวยงาม (Aesthetic) มีความสวยงามกลมกลืน เป็นที่ยอมรับได้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 27 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 248309
เลขเรียกหนังสือ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

(2) รวดเร็ว (Schedule)

งานก่อสร้างระบบสำเร็จรูปจะใช้เวลาในการวางแผน เตรียมการ มากกว่างานก่อสร้างธรรมดา แต่เวลาที่ใช้ในการก่อสร้างจริงในสนาม จะใช้เวลาน้อยกว่าการก่อสร้างแบบธรรมดา

(3) ราคาถูก (Economic)

ราคาจะเป็นตัวแปรสำคัญที่จะตัดสินว่าควรเลือกใช้ระบบคอนกรีตสำเร็จรูปหรือแบบธรรมดา ซึ่งมีตัวแปรสำคัญที่จะกระทบต่อค่าใช้จ่ายโดยตรง คือ

- จำนวนที่จะสร้าง ถ้าสร้างมาก ราคาต่อหน่วยจะยิ่งลดลง
- เทคนิคที่นำมาใช้ อันเนื่องมาจากข้อจำกัดต่างๆ เช่น พื้นที่ทำงาน การขนส่ง การติดตั้ง เทคนิคที่จะใช้ในแต่ละสถานที่ก็จะแตกต่างกันไป ซึ่งต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมเป็นกรณีไป
- การออกแบบรายละเอียด (Detail Design) ให้มีชิ้นส่วนชนิดเดียวกันให้มากที่สุดตลอดจนออกแบบให้ผลิตง่าย ติดตั้งง่ายด้วย

2.3.4 ทีมงานที่มีประสิทธิภาพ

ทีมงานหรือคนที่เกี่ยวข้องที่จะมีส่วนทำให้งานก่อสร้างระบบสำเร็จรูปดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ คือ ได้ผลงานที่ดี เร็ว และต้นทุนต่ำนั้น มีกลุ่มคนสำคัญที่จะต้องร่วมกันเป็นทีมงาน คือ

(1) เจ้าของงาน (Owner)
(2) สถาปนิก (Architect)
(3) วิศวกรโครงสร้าง (Structural Engineer)
(4) วิศวกรเครื่องกล (Mechanical Engineer)
(5) วิศวกรไฟฟ้า (Electrical Engineer)
(6) ภูมิสถาปนิก (Landscape Architect)
(7) ที่ปรึกษาการใช้งานเฉพาะทาง (Functional Consultant)
(8) ผู้รับเหมาหลัก (General Contractor)
(9) ผู้ผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างสำเร็จรูป (Manufacturer)
(10) ผู้ติดตั้ง (Erector)

บางโครงการที่เป็นโครงการขนาดใหญ่ มีความซับซ้อนมาก จำเป็นต้องมีผู้เกี่ยวข้องที่มีความชำนาญเฉพาะงานเพิ่มขึ้นอีก เช่น วิศวกรคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นต้น ทีมงานดังกล่าวข้างต้นจะต้องร่วมมืออย่างจริงจัง ตั้งแต่ชั้นวางแนวทาง (Conceptual Design) ออกแบบเบื้องต้น (Preliminary Design) และออกแบบรายละเอียด (Detail Design) โดยต้องมีการประชุม อธิบาย

ซักถามรายละเอียด ข้อดีข้อเสีย ปัญหา และข้อจำกัดของกันและกัน เพื่อหาทางแก้ปัญหาที่ดีที่สุดให้แก่กันและกัน ซึ่งก็จะทำให้ได้ระบบดีและเหมาะสมสำหรับโครงการแต่ละโครงการ

2.3.5 อาคารที่เหมาะสมกับระบบสำเร็จรูป

ลักษณะของอาคารที่มีความเหมาะสมกับการใช้ระบบโครงสร้างสำเร็จรูป มีดังนี้

(1) อาคารที่มีข้อจำกัดด้านระยะเวลาการก่อสร้าง

เนื่องจากในระบบสำเร็จรูป สามารถลดและประหยัดเวลาในการก่อสร้าง โดยองค์อาคารสามารถเตรียมไว้ได้ก่อนที่จะนำไปประกอบเป็นโครงสร้าง และสามารถจัดทำตารางการเตรียมชิ้นส่วนให้ได้จำนวนตามที่ต้องการ แล้วจัดเก็บไว้ได้โดยที่ไม่ต้องรอให้ถึงลำดับการทำงานส่วนโครงสร้างก่อน

(2) อาคารที่มีโครงสร้างชิ้นงานซ้ำๆ กัน เป็นจำนวนมาก

การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปจำนวนมากทำให้ลดค่าใช้จ่ายต่อหน่วยได้ เนื่องจากสามารถทำการผลิตได้สะดวกจากแบบหล่ออันเดียวกัน (กรณีใช้คอนกรีตเสริมเหล็กเป็นวัสดุหลัก)

(3) อาคารสาธารณะต่างๆ

เนื่องจากอาคารเหล่านี้มักมีขนาดใหญ่ จึงมีความคุ้มค่าที่จะใช้ระบบสำเร็จรูป ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาอย่างเห็นได้ชัด ตัวอย่างเช่น โรงเรียน ศูนย์การค้า หรืออาคารสาธารณะทั่วไป เช่น สะพาน รั้ว กำแพงกับดิน เป็นต้น

(4) บ้านพักอาศัย

วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย (2538) กล่าวว่า "ความต้องการบ้านอยู่อาศัยภายในประเทศเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี เพราะชนชั้นกลางที่เพิ่มขึ้นทุกๆ ปี เพราะชนชั้นกลางที่เพิ่มขึ้น ตลอดจนแนวโน้มของการแยกครอบครัวเป็นเอกเทศจะมีเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ บ้านสำเร็จรูปกำลังอยู่ในแนวโน้มที่ได้รับความสนใจจากนักพัฒนาหมู่บ้านจัดสรรต่างๆ โดยเฉพาะเมื่อผู้บริหารต้องการขจัดปัญหาของการควบคุมคุณภาพบ้าน ซึ่งมักจะสร้างโดยผู้รับเหมารายย่อยหลายๆ ราย โดยขาดมาตรฐานที่แน่นอน การที่สามารถผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงสร้างบ้านในโรงงาน ทำให้การควบคุมคุณภาพทำได้โดยสม่ำเสมอ เหมือนกับการผลิตสินค้าอุตสาหกรรม" การเลือกใช้โครงสร้างบ้านพักอาศัยที่ผลิตในลักษณะชิ้นส่วนสำเร็จรูปจึงเป็นเรื่องที่ควรสนับสนุนให้เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายต่อไป

2.3.6 เทคนิคการก่อสร้างโดยใช้ระบบโครงสร้างสำเร็จรูป แบบเสา คาน และพื้นสำเร็จรูป

2.3.6.1 ข้อพิจารณาการออกแบบและก่อสร้างด้วยโครงสร้างสำเร็จรูป

การออกแบบและก่อสร้างโดยใช้โครงสร้างสำเร็จรูป มั่น ศรีเรือนทอง (2538) ได้กล่าวถึงสิ่งที่ต้องพิจารณา 4 ประเด็น ดังนี้

1.) น้ำหนักบรรทุก ต้องพิจารณาถึงน้ำหนักบรรทุกที่โครงสร้างสำเร็จรูปต้องรับน้ำหนัก ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกคงที่ น้ำหนักบรรทุกจร ซึ่งเกิดจากการใช้งาน แรงอันเนื่องจากลม ทั้งแรงกระทำในแนวราบและแนวดิ่ง แรงอันเนื่องจากแผ่นดินไหว และแรงอันเนื่องจากการสั่นสะเทือน อุบัติเหตุ หรือสิ่งที่ไม่คาดคิด รวมทั้งแรงจากการก่อสร้าง

2.) ขั้นตอนการก่อสร้าง

2.1 กระบวนการผลิต

- ชิ้นส่วนควรจะมีรูปแบบเรียบง่ายและต้องซ้ำกันให้มากที่สุด เพื่อสะดวกในการผลิตและลดจำนวนแบบหล่อที่ใช้ในการผลิต

- การให้ความสำคัญกับความแข็งแรงของชิ้นส่วนต่างๆ และจุดรองรับให้สามารถทนต่อแรงกระทำต่างๆ ในระหว่างการผลิต การขนส่ง และการติดตั้ง

- หลีกเลี่ยงรายละเอียดที่ใช้เหล็กเสริมแน่นเกินไป เพราะจะทำให้เทคอนกรีตและการทำงานยากลำบาก ชิ้นส่วนที่ผลิตออกมาอาจไม่ได้คุณภาพ

- ควรใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานและหาได้ทั่วไป เพื่อลดต้นทุนและการใช้วัสดุ

2.2 การขนส่ง ต้องมีการจัดลำดับก่อนหลัง และจำนวนของชิ้นส่วนต่างๆ ที่จะทำการลำเลียงและขนส่งจากโรงงานไปยังสถานที่ก่อสร้างให้มีความเหมาะสมกับความต้องการที่จะใช้งาน โดยชิ้นส่วนต้องมีขนาดและรูปร่างที่สามารถขนส่งได้

2.3 การติดตั้ง

- ความสามารถของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการยกและติดตั้ง เช่น Tower Crane, Mobile Crane หรือ Crawler Crane จะเป็นตัวกำหนดขนาดชิ้นส่วน และกำหนดวิธีการประกอบติดตั้ง และก่อสร้าง ซึ่งมีวิธียกชิ้นส่วนโดยทั่วไป

- พื้นที่ทางเข้าที่ต้องการ โดยในขณะประกอบติดตั้ง จะต้องมีพื้นที่เพียงพอที่จะทำงานได้จริง คือ ที่ดิน หรือถนนรอบอาคาร และที่ว่างในอากาศ ซึ่งต้องคำนึงว่าในแต่ละขั้นตอนขณะประกอบติดตั้ง ต้องสามารถนำชิ้นส่วนไปวางในตำแหน่งที่ต้องการได้โดยไม่ถูกกีดขวาง

3.) ระยะเวลาการก่อสร้าง

- รอบระยะเวลาในการผลิตชิ้นส่วนและการประกอบติดตั้งของแต่ละส่วนของอาคารจะเป็นตัวกำหนดให้ต้องใช้เทคโนโลยีในการผลิต และใช้เครื่องจักรในการติดตั้งที่มีความสามารถทำงานให้ทันเวลาที่กำหนดไว้

- ระยะเวลาการก่อสร้างจะเป็นตัวควบคุมสุดท้ายว่าเทคโนโลยีการก่อสร้างที่เลือกทั้งหมดมีความเหมาะสม ทำให้สามารถก่อสร้างได้ทันเวลาหรือไม่

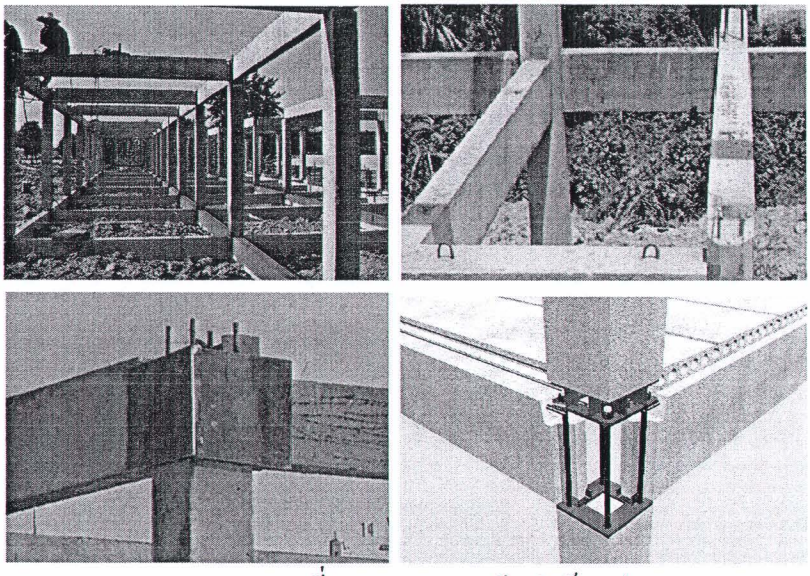
4.) เสถียรภาพของโครงสร้าง

- ในระหว่างการก่อสร้างอาคารต้องมีเสถียรภาพพอ ไม่พังทลายโดยง่าย อาจใช้ค้ำยันช่วยค้ำไว้ชั่วคราวในขณะก่อสร้าง

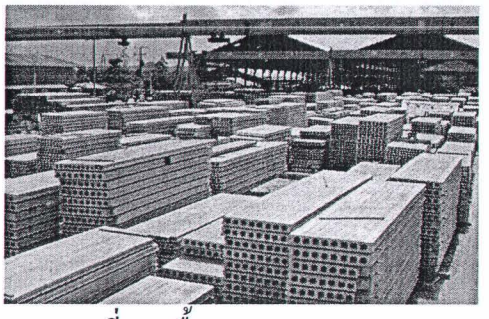
- ในระยะยาวนั้น โครงสร้างอาคารต้องมีความคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ความสะเทือนต่างๆ เพียงพอที่จะไม่พังทลายตลอดอายุของอาคารนั้น

2.3.6.2 การติดตั้งเสา-คาน-พื้น สำเร็จรูป

การติดตั้ง เสา คาน และพื้นสำเร็จรูป ได้มีรายละเอียดดังภาพที่ 2.2 และ 2.3

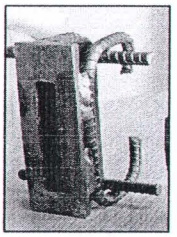


ภาพที่ 2.2 คานคอนกรีตสำเร็จรูป



ภาพที่ 2.3 พื้น Hollow Core Slabs

ระบบรอยต่อแบบ Socket ของบริษัท พิบูลย์คอนกรีต จำกัด นั้น มีรายละเอียดดังภาพที่ 2.4

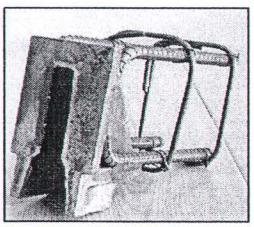


SOCKET A

เป็นชุดประกอบทำจากเหล็กทั้งชิ้น ใช้สำหรับรับแรงจาก คานที่ฝากเข้ามาโดยทำหน้าที่รับน้ำหนักที่ถ่ายลงมาจาก SOCKET B โดยจะฝัง SOCKET A ที่ชิ้นส่วนเสาโครงสร้าง หรือช่วงรอยต่อของคานฝาก

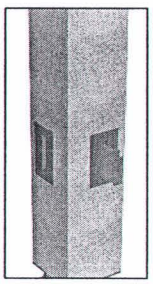
SOCKET B

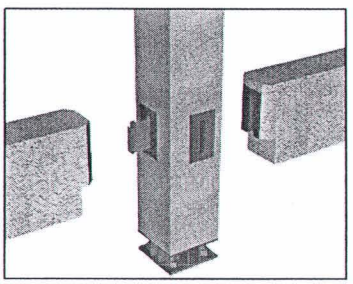
มีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กหนาประมาณ 10-15 มิลลิเมตร ใช้ในการรับแรงเฉือน (Shear Force) จะใช้เป็นตัวถ่ายน้ำหนัก จากคานลงสู่เสา หรือคานลงสู่คานอีกตัว



SOCKET C

เป็นชุดประกอบเหล็กทั้งชิ้น ใช้สำหรับถ่ายน้ำหนักจากคานโครงสร้าง ลงสู่ SOCKET B

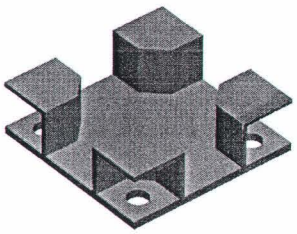




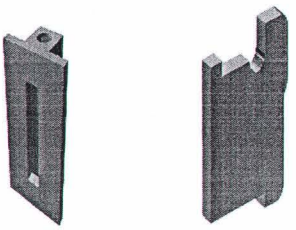
ระบบรอยต่อแบบ SOCKET จะใช้เหล็กเดือยทำหน้าที่รับแรงเฉือนที่เกิดขึ้น ซึ่งกรณีเกิด TORSION ด้วยจะต้องคำนวณโครงสร้างเป็นกรณีไป

ภาพที่ 2.4 ระบบรอยต่อแบบ Socket

ชิ้นส่วนอุปกรณ์ติดตั้ง



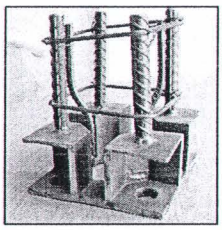
เพลตฐานเสา



ชุดต่อคานหลักและคาน

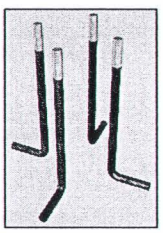
ภาพที่ 2.5 ชิ้นส่วนและอุปกรณ์ติดตั้งโครงสร้างสำเร็จรูป

ระบบรอยต่อแบบ COLUMN PLATE



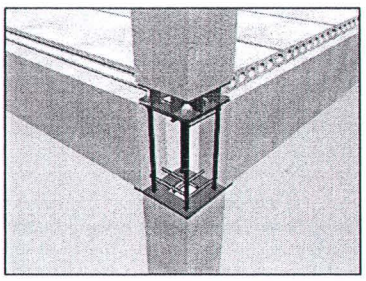
COLUMN PLATE

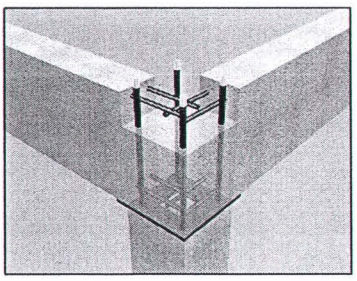
เป็นชุดประกอบเหล็กทั้งชิ้น ใช้สำหรับยึดเสาโครงสร้างกับ J-BOLT ให้แน่นโดยการขันน็อตยึด

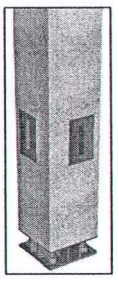


J – BOLT

เป็นเหล็กข้ออ้อย กลึงเกลียวที่ปลายบนและดัดปลายล่างให้งอคล้ายรูปตัว J ฝังอยู่ในเสาตอม่อ เพื่อยึดเสาที่จะมาประกอบให้แน่น







ภาพที่ 2.6 ระบบรอยต่อแบบ Column Plate

2.4 กระบวนการบริหารงานก่อสร้าง

พนม (2539) ได้กล่าวว่า การจัดการก่อสร้าง เป็นการบริหารงานของผู้รับเหมาก่อสร้าง แต่ก็เป็นหน้าที่ของผู้บริหาร โครงการก่อสร้างอย่างหลีกเลี่ยงไม่พ้น เพราะจะต้องสอดส่องดูแลและกำกับให้งานก่อสร้างดำเนินไปตามรูปแบบรายการก่อสร้าง และข้อกำหนดอื่นๆ โดยมุ่งหวังให้งานก่อสร้างสนองเจตนารมณ์ของผู้ลงทุน สถาปนิก-วิศวกร ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นทุกฝ่ายต้องปรึกษาหารือร่วมกัน หาทางประนีประนอม เพื่อให้งานก่อสร้างบรรลุตามเป้าประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ

โดยในการบริหารงานก่อสร้างนั้น จำเป็นต้องมีทรัพยากรอันเป็นพื้นฐานในการจัดการ โดยมีผู้จำแนกปัจจัยในการบริหารงานก่อสร้างไว้ดังนี้

Clough & Scars, 1979: 26 (อ้างถึงใน มานพ, 2548: 11) ได้แบ่งปัจจัยในการบริหารงานก่อสร้าง ออกเป็น

1. คน
2. เครื่องมือเครื่องจักร
3. วัสดุ
4. ผู้รับเหมาก่อสร้าง

ประกอบ, 2540: 6-7 (อ้างถึงในมานพ, 2548: 11) จำแนกปัจจัยการบริหารการก่อสร้างไว้ดังนี้

1. เงินทุน (Money) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ผู้ประกอบการจะต้องจัดสถานะเงินให้มั่นคง เพียงพอที่จะหมุนเวียนให้เกิดสภาพคล่องอยู่เสมอ
2. กำลังคน (Man) งานก่อสร้างเป็นงานที่ต้องอาศัยกำลังคนทำงานเป็นส่วนใหญ่ ประกอบด้วย ผู้มีความรู้ความสามารถหลายระดับ
3. เครื่องทุ่นแรง (Machines) เพื่อช่วยสนับสนุนให้การดำเนินการได้เร็วขึ้น
4. วัสดุและอุปกรณ์ (Materials) หากขาดแคลนจะทำให้งานหยุดชะงักและมีผลกระทบต่อแรงงานด้วย

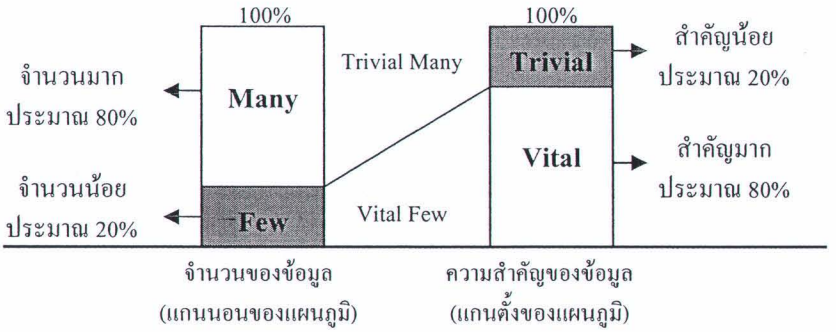
ในการศึกษาครั้งนี้จะกล่าวถึงปัจจัยในการบริหารงานก่อสร้างที่เกี่ยวข้องเฉพาะในกระบวนการผลิต ตามหลักการ 4 M (คาโอรุ อิชิกาว่า อ้างถึงใน อภิชาติ, 2551) ดังนี้

1. Man คน
2. Machine เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก
3. Material วัตถุดิบ หรืออะไหล่ รวมถึงอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการ
4. Method กระบวนการหรือวิธีการทำงาน

2.5 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2547) อธิบายไว้ว่า แผนภูมิพาเรโตเป็นวิธีวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยกราฟอย่างง่ายที่สุด ในรูปแบบของแผนภูมิแท่งการจัดลำดับที่นำมาใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพ เพื่อจะได้พิจารณาว่าควรจัดการกับปัญหาใดเป็นลำดับแรก เนื่องจากเป็นการนำข้อมูลต่างๆ ที่บันทึกไว้ มาสร้างเป็นแผนภูมิที่มีการจัดเรียงลำดับความถี่จากมากไปน้อย และเป็นแผนภูมิที่ใช้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของความบกพร่องกับปริมาณความสูญเสียที่เกิดขึ้น ถูกค้นพบโดย นาย Vilfredo Pareto นักเศรษฐศาสตร์ชาวอิตาเลียน โดยบังเอิญจากการสำรวจรายได้ของประชากร ซึ่งเขาพบว่า คนที่มีรายได้สูงสุดเพียง 20% ของประชากรทั้งประเทศสามารถสร้างรายได้ถึง 80% ในขณะที่ประชากรที่เหลืออีก 80% มีรายได้รวมกันเพียง 20% ของระบบเศรษฐกิจทั้งหมด จากนั้นก็ยังค้นพบอีกว่า สถานการณ์เช่นนี้ยังเกิดขึ้นกับเรื่องอื่นๆ อีกมากมาย จนสรุปเป็นกฎที่สามารถนำไปพยากรณ์เหตุการณ์อื่นๆ จึงเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า 20/80 หรือปรากฏการณ์พาเรโต แต่กฎนี้เพิ่งจะโด่งดังจริงๆ ในตอนที่มีการนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพการผลิตทางอุตสาหกรรมในญี่ปุ่น

ในงานวิจัยของ Dr. Juran ตั้งแต่ ค.ศ.1925 จนถึง ค.ศ.1950 ได้พบว่าตัวแบบของความเสถียรภาพของข้อมูลนั้น จะมีลักษณะที่ข้อมูลมีความสำคัญมาก (ประมาณ 80% ของตัววัดความสำคัญทั้งหมด อาจจะต่ำกว่านี้ได้ถึง 65%) จะมาจากประเภทของข้อมูลจำนวนเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 20% ของประเภทของข้อมูลทั้งหมด แต่อาจจะสูงกว่านี้ได้ถึง 35%) ขณะที่ประเภทข้อมูลจำนวนที่เหลือ (ประมาณ 80% ของประเภทของข้อมูลทั้งหมด) จะมีลักษณะข้อมูลที่มีความสำคัญน้อย (ประมาณ 20% ของตัววัดความสำคัญทั้งหมด) จึงเรียกกฎสำหรับหลักการพาเรโตนี้ว่า "กฎ80-20" สามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 หลักการพาเรโต (จิรภัทร, 2552)

2.6 แผนผังสาเหตุและผล (Causc and Effect Diagram)

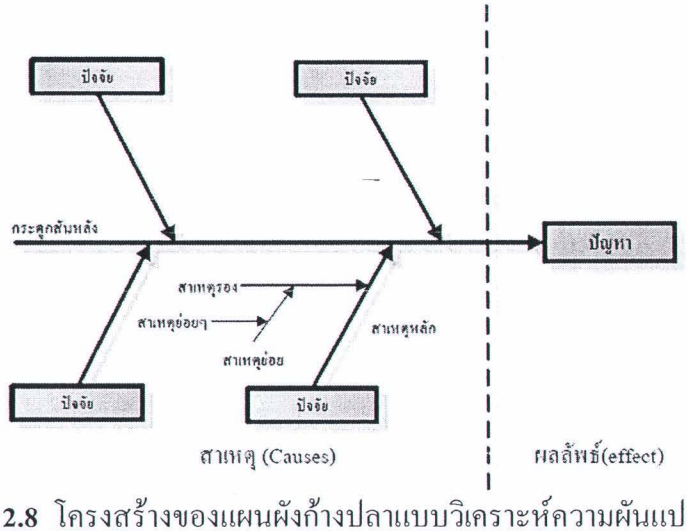
กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2547) ได้กล่าวถึงผังสาเหตุและผลว่า แผนผังดังกล่าวอาจเรียกย่อๆ ว่าผังก้างปลาหรือถ้าเรียกเป็นภาษาอังกฤษอาจใช้ตัวย่อว่า CE Diagram ซึ่งนิยามปรากฏในมาตรฐานของญี่ปุ่นหรือ JIS Standard (Japanese Industrial Standard) ในมาตรฐาน JIS ได้ระบุนิยามของ CE Diagram ไว้ดังนี้ คือ ผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องคำอธิบาย คุณสมบัติหรือคุณลักษณะทางคุณภาพ (Quality Characteristics) คือผลที่เกิดขึ้นจากสาเหตุ ซึ่งคือปัจจัยต่างๆ ที่เป็นต้นเหตุของคุณลักษณะอันนั้นหรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า เป็นแผนผังที่ ใช้วิเคราะห์ค้นหาสาเหตุต่างๆ ว่ามีอะไรบ้างที่มาเกี่ยวข้องกันสัมพันธ์ต่อเนื่องกันอย่างไร จึงทำให้ผลปรากฏตามมาในขั้นสุดท้าย โดยวิธีการระดมความคิดอย่างเป็นอิสระของทุกคน ในกลุ่มกิจกรรมด้านการควบคุมคุณภาพ

แผนผังก้างปลาเป็นแผนผังที่มีประโยชน์สำหรับ นำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลสำหรับประเด็นปัญหาที่พิจารณา โดยแผนผังนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรกในโลก โดยศาสตราจารย์คาโรอุ อิชิกาว่า แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียวเมื่อ ค.ศ.1943 ในครั้งแรก ดร.อิชิกาว่า ได้ใช้แผนผังก้างปลานี้ในการอธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพ

Ishikawa (2529) ได้ทำการจำแนกแผนผังก้างปลา ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

(1) การวิเคราะห์ความผันแปร (Dispersion Analysis)

โดยแผนผังก้างปลาแบบนี้จะใช้แสดงสาเหตุของการเกิดความผันแปรในคุณภาพ ที่แสดงด้วยหัวปลา ตามลำดับก่อนหลังด้วยคำถามที่ว่า "ทำไมจึงเกิดความแปรผัน" เช่นนี้ขึ้น เรื่อยๆ โดยผู้สร้างแผนผังก้างปลาประเภทนี้ จะต้องสำนึกเสมอว่าความผันแปรทุกตัวสามารถ ตรวจจับและทำให้ลดลงได้ โดยจุดแข็งของแผนผังก้างปลาประเภทนี้จะช่วยแสดงอย่างเป็นระบบ ถึงปัจจัยที่กระทบต่อความผันแปร ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างของแผนผังก้างปลาแบบวิเคราะห์ความผันแปร

(2) การจำแนกตามกระบวนการผลิต (Process Classification)

แผนผังก้างปลาประเภทนี้ ใช้สำหรับการแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยจำแนกตามกระบวนการย่อยต่างๆ โดยแผนผังก้างปลาประเภทนี้มีจุดเด่นคือ สามารถสร้างได้ง่ายและสื่อข้อความได้ความหมายดีเพราะสามารถสร้างแผนผังก้างปลาสาเหตุและผลที่แต่ละกระบวนการย่อย แล้วจึงนำมาต่อกระบวนการกัน แต่มีจุดอ่อนคือทำให้ดูเหมือนสาเหตุซ้อนสาเหตุ ทำให้มีสาเหตุมากกว่าหนึ่งปัจจัยซึ่งทำให้ยากต่อการวิเคราะห์

(3) การกำหนดรายการสาเหตุ (Cause Enumeration)

แผนผังก้างปลาประเภทกำหนดรายการของสาเหตุ จะต้องมุ่งสู่ประเด็นสาเหตุ ของปัญหาจะมีประโยชน์ คือ ทำให้ทราบถึงรายการสาเหตุทั้งหมด ทำให้พิสูจน์สาเหตุได้ค่อนข้างง่าย แต่ข้อเสีย คือ มีความยากในการสร้างค่อนข้างมาก เพราะนอกจากต้องพยายามระดมสมองหาสาเหตุที่คาดว่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด แล้วยังจำเป็นต้องทบทวนอยู่เสมอด้วย เพื่อให้มั่นใจว่าสาเหตุหลักๆ มิได้ตกหล่นไปจากการพิจารณา

2.6.1 ขั้นตอนการสร้างแผนผังก้างปลา พ.อ.บัญชา ดุริยพันธ์ (2549) สิ่งสำคัญในการสร้างแผนผัง คือ ต้องทำเป็นทีม เป็นกลุ่ม โดยใช้ขั้นตอน 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

(1) กำหนดลักษณะคุณภาพที่เป็นปัญหา กำหนดประโยคปัญหาที่หัวปลา พร้อมลากเส้นเพื่อเป็นกระดูกสันหลัง การกำหนดหัวข้อปัญหาควรกำหนดให้ชัดเจนและมีความเป็นไปได้ ซึ่งหากเรากำหนดประโยคปัญหานี้ไม่ชัดเจนตั้งแต่แรกแล้ว จะทำให้เราใช้เวลามากในการค้นหาสาเหตุ และจะใช้เวลานานในการทำผังก้างปลา การกำหนดปัญหาที่หัวปลา เช่น อัตรา ของเสีย อัตราชั่วโมงการทำงานของคนที่ไม่มีประสิทธิภาพ อัตราการเกิดอุบัติเหตุ หรืออัตราต้นทุน ต่อสินค้าหนึ่งชิ้น เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า ควรกำหนดหัวข้อปัญหาในเชิงลบ

(2) กำหนดกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหานั้นๆ เราสามารถที่จะกำหนดกลุ่มปัจจัย อะไรก็ได้ แต่ต้องมั่นใจว่ากลุ่มที่เรากำหนดไว้เป็นปัจจัยนั้น สามารถที่จะช่วยให้เราแยกแยะ และกำหนดสาเหตุต่างๆ ได้อย่างเป็นระบบ และเป็นเหตุเป็นผล โดยส่วนมากในการก่อสร้างมักจะใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่างๆ ซึ่ง 4M 1E นี้มาจาก

- M (Man) คนงาน หรือพนักงาน หรือบุคลากร
- M (Machine) เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก
- M (Material) วัตถุดิบหรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการ
- M (Method) กระบวนการทำงาน
- E (Environment) อากาศ สถานที่ ความสว่างและบรรยากาศในการทำงาน

การกำหนดก้างปลาจะต้องใช้ 4M 1E เสมอไป สำหรับธุรกิจอื่นๆหากเราไม่ได้อยู่ในกระบวนการผลิตแล้ว ปัจจัยนำเข้า (input) ในกระบวนการก็จะเปลี่ยนไป เช่น ปัจจัยการนำเข้าเป็น 4P ได้แก่ Place, Procedure, People และ Policy หรือเป็น 4S Surrounding, Supplier, System และ Skill ก็ได้หรืออาจจะเป็น MILK Management, Information, Leadership, Knowledge ก็ได้ นอกจากนั้น หากกลุ่มที่ใช้ก้างปลามีประสบการณ์ในปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่แล้ว ก็ สามารถที่จะกำหนดกลุ่ม ปัจจัยใหม่ให้เหมาะสมกับปัญหาตั้งแต่แรกเลยก็ได้ เช่นกัน

(3) ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย

(4) หาสาเหตุหลักของปัญหา ส่วนสาเหตุ (Causes) จะสามารถแยกย่อยออกได้อีกเป็น

- ปัจจัย (Factors) ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา (หัวปลา)
- สาเหตุหลัก
- สาเหตุย่อย

(5) พิจารณาทบทวนว่าการใส่สาเหตุต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กันตามลำดับชั้นถูกต้องหรือไม่ และนำไปใช้เพื่อแนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น

2.6.2 การตีความหมายแผนผังก้างปลา ในการตีความหมายแผนผังก้างปลาจะอยู่บนพื้นฐานการวิเคราะห์ความผันแปร กล่าวคือ ทำการพิจารณาเมื่อมีการปรับระดับของสาเหตุ (ขยับก้างปลา) จะทำให้ลักษณะของคุณภาพที่ระบุปัญหาเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ ถ้าหาก มีการปรับระดับสาเหตุแล้วไม่มีเหตุผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะด้านคุณภาพ ก็แสดงว่า สาเหตุและผลนั้นมิได้มีความสัมพันธ์ต่อกันก็ควรมีการทบทวนแผนผังก้างปลาใหม่

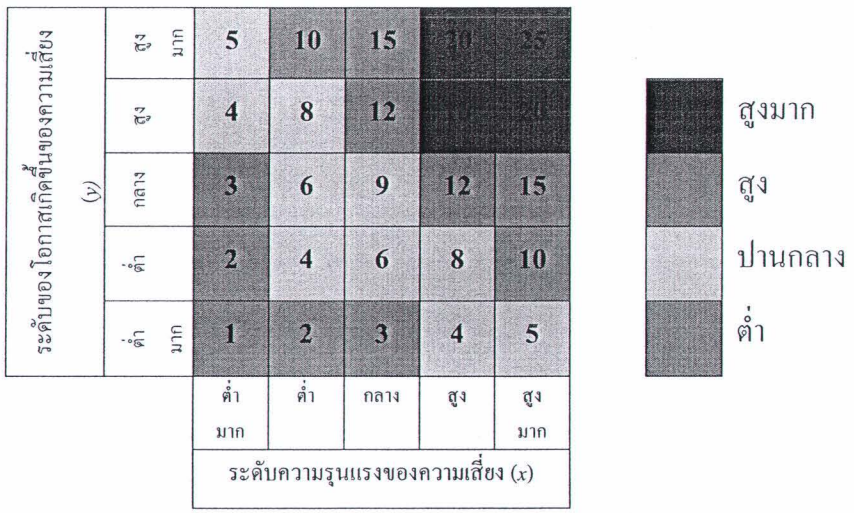
2.7 การวิเคราะห์ความเสี่ยง

การวิเคราะห์ความเสี่ยง สามารถนำไปใช้ได้กับโครงการทุกประเภท แต่จะใช้ได้ดีและมีประโยชน์มาก หากโครงการนั้นเป็นโครงการที่ต้องใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ ต้องการเงินลงทุนสูง และดำเนินการให้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยความรวดเร็ว โดยเทคนิคการวิเคราะห์ความเสี่ยงแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงคุณภาพ (Qualitative Risk Analysis) และการวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Quantitative Risk Analysis)

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) เป็นการประเมินโอกาสที่จะเกิดความเสียหาย คือ การพิจารณาว่าปัจจัยเสี่ยงที่จะเกิดในระดับมากน้อยเพียงใด จากนั้นจึงนำเอาปัจจัยเสี่ยงแต่ละปัจจัยมาพิจารณาว่าหากเกิดขึ้นแล้วมีผลกระทบต่อหน่วยงานมากน้อยอย่างไร สร้างลำดับ

ความสำคัญของแต่ละปัจจัยเสี่ยงเพื่อพิจารณาว่าความเสี่ยงใดควรพิจารณาจัดการก่อนหลัง โดยมีวิธีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์และผลกระทบ ดังนี้

โอกาสที่จะเกิด (L: Likelihood) เป็นระดับของโอกาสหรือความบ่อยครั้งที่จะเกิดความเสี่ยง และผลกระทบ (I: Impact) เป็นระดับความรุนแรงของความเสี่ยงที่เกิดขึ้น โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 ระดับของผลกระทบของความเสี่ยง

โดยมีการอธิบายความหมายดังนี้

1. ระดับความเสี่ยงต่ำ (คะแนน 1-3) หมายถึง ระดับที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องควบคุมความเสี่ยง

2. ระดับความเสี่ยงปานกลาง (คะแนน 4-9) หมายถึง ระดับที่ยอมรับได้แต่ต้องควบคุมเพื่อไม่ให้ระดับความเสี่ยงเพิ่มขึ้น

3. ระดับความเสี่ยงสูง (คะแนน 10-16) หมายถึง ระดับที่ยอมรับไม่ได้

4. ระดับความเสี่ยงสูงมาก (คะแนน 17-25) หมายถึง ระดับที่ยอมรับไม่ได้และต้องป้องกัน/แก้ไขเป็นอันดับแรก

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

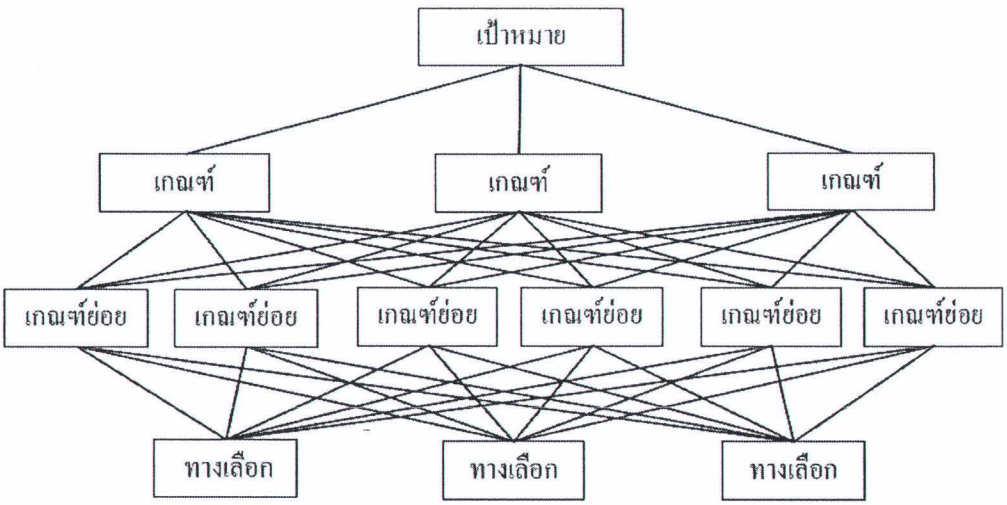
2.8 กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analysis Hierarchy Process: AHP)

การใช้เทคนิคการตัดสินใจนั้นมีข้อมูลหลายลักษณะ บางครั้งเกณฑ์ในการตัดสินใจเป็นข้อมูลที่ไม่สามารถนำมาเป็นตัวเลขได้ง่าย การให้ค่าน้ำหนักปัจจัยจึงต้องอาศัยเทคนิคการตัดสินใจที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงคุณภาพได้ดี จากการศึกษาพบว่า AHP เป็นเทคนิคการตัดสินใจที่มีการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับชั้น และสามารถนำมาใช้ในการหาค่าน้ำหนักได้ดีในกรณีข้อมูลอยู่ในรูปที่ไม่เป็นตัวเลขได้ดี

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process, AHP) เป็นวิธีการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multi - Criteria Decision Making Method) นั่นคือการตัดสินใจเลือกทางเลือก หรือจัดลำดับความสำคัญของทางเลือก เมื่อมีเกณฑ์ในการพิจารณาหลายเกณฑ์ โดยAHP เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพ และมีความสะดวกในการจัดลำดับความสำคัญและช่วยทำให้เกิดการตัดสินใจที่ดีที่สุด ซึ่งสามารถใช้ได้กับการตัดสินใจที่มีความยุ่งยากซับซ้อนโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบ AHP ไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้ที่ทำการตัดสินใจได้ตัดสินใจในสิ่งที่ดีที่สุดแล้วยังแสดงถึงเหตุผลอย่างชัดเจน ว่าทำไมสิ่งที่เลือกนั้น

การที่จะตัดสินใจโดยใช้กระบวนวิเคราะห์ตามระดับชั้นได้นั้น ต้องใช้สิ่งต่างๆ มาวิเคราะห์และคำนวณ ดังนี้

1. เกณฑ์ (กำหนดโดยผู้ตัดสินใจ)
2. การเปรียบเทียบตามเกณฑ์ (พิจารณาโดยผู้ตัดสินใจ)
3. ตารางระดับความสำคัญหรือความชอบ



ภาพที่ 2.10 ผังลำดับชั้น

AHP จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นระดับชั้น คือ เป้าหมาย เกณฑ์ เกณฑ์ย่อย และทางเลือก จากนั้นให้วิเคราะห์เปรียบเทียบเกณฑ์หรือทางเลือกทีละคู่ โดยให้ความสำคัญตามตารางระดับความสำคัญหรือความชอบ และคำนวณหาลำดับความสำคัญของแต่ละชั้น

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นมีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

1. การจัดลำดับชั้นในการวิเคราะห์

โดยแบ่งกลุ่มองค์ประกอบของปัญหาออกเป็นระดับชั้น โดยจัดทำเป็นแผนภูมิระดับชั้น ดังภาพที่ 2.10 ดังนี้

- ระดับชั้นบนสุด คือเป้าหมาย หรือปัญหาที่ต้องการตัดสินใจ (Goal)
- ระดับชั้นที่ 2 คือเกณฑ์ (Criteria)
- ระดับชั้นที่ 3 คือเกณฑ์ย่อย (Sub criteria)
- ระดับชั้นสุดท้าย คือ ทางเลือก (Alternative)

2. การคำนวณหาลำดับความสำคัญ

ในแต่ระดับชั้นให้พิจารณาเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์ต่างๆ ในระดับชั้นเดียวกัน โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบเกณฑ์ หรือทางเลือกทีละคู่ (Pair wise Comparison) ตามตารางระดับความสำคัญ หรือความชอบ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ระดับความสำคัญ

ระดับความสำคัญ หรือความชอบ (Preference Level)	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical Valve)**
เท่ากัน (Equally Preferred)	1
เท่ากันถึงปานกลาง (Equally to Moderately Preferred)	2
ปานกลาง (Moderately Preferred)	3
ปานกลางถึงค่อนข้างมาก (Moderately to Strongly Preferred)	4
ค่อนข้างมาก (Strongly Preferred)	5
ค่อนข้างมากถึงมากกว่า (Strongly to Very Strongly Preferred)	6
มากกว่า (Very Strongly Preferred)	7
มากกว่าถึงมากที่สุด (Very Strongly to Extremely Preferred)	8
มากที่สุด (Extremely Preferred)	9

ตัวอย่างการเปรียบเทียบความสำคัญ อาทิ การเลือกซื้อสินค้า โดยใช้เกณฑ์คุณภาพ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบเป็นคู่ในเรื่องของเกณฑ์คุณภาพ

เกณฑ์คุณภาพ	**A**	**B**
A	1	7
B	1/7	1

หมายเหตุ ทางเลือกเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบแนวนอนและแนวตั้งจะแสดงตัวเลขเท่ากับ 1

ในเกณฑ์ด้านคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ A มีคุณภาพสูงกว่าผลิตภัณฑ์ B โดยให้ A มีค่าระดับความสำคัญมากกว่า (Very Strongly Preferred) ของ B หรือแสดงเป็นตัวเลขเท่ากับ 7 โดยเมื่อเปรียบเทียบกลับกันผลิตภัณฑ์ B ก็จะมีคุณภาพเป็น 1/7 ของผลิตภัณฑ์ A

เมื่อได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบทีละคู่ แล้วก็คำนวณหาลำดับความสำคัญในแต่ละระดับชั้น ซึ่งมีวิธีการคำนวณ 2 วิธี คือแบบประมาณ และแบบละเอียด อย่างไรก็ดีเพื่อให้ง่ายในการทำความเข้าใจในเอกสารนี้ จึงใช้วิธีการคำนวณแบบประมาณซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

1) เปรียบเทียบเกณฑ์หรือทางเลือกแต่ละคู่ในรูปของเมตริกซ์ (Pair wise Comparison matrix) กล่าวคือในแถวแนวนอนและแนวตั้งจะเป็นการเปรียบเทียบทุกๆเกณฑ์ หรือทุกๆ ทางเลือก การเปรียบเทียบดังตัวอย่างตารางที่ 2.2

2) คำนวณ Normalized โดยใช้เมตริกซ์ในข้อ 1 คือการหาค่าปรับเทียบของค่าแต่ละเกณฑ์ และทางเลือก โดยจะใช้วิธีแบบเส้นตรงหรือ Linear คือการปรับให้ตัวเลขที่มี ค่าดีที่สุดมีค่าเป็น 1 ซึ่งเป็นจำนวนเต็มและตัวเลขน้อยลงมา

3) คำนวณหาผลรวมของแถวจากการคูณกันแต่ละตัวจากค่าการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ดังตารางที่ 2 .2 แล้วทำการหาค่ารากที่ จำนวนเท่ากับจำนวนของทางเลือก แล้วปรับค่าโดยนำค่าผลรวมของผลในแต่ละทางเลือก แล้วนำผลรวมไปหารแต่ละตัว ดังตัวอย่าง

$$\begin{matrix} A \\ B \end{matrix}\begin{bmatrix} (1*7)^{1/2} = 2.64 \\ (1/7*1)^{1/2} = \underline{0.38} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.87 \\ 0.13 \end{bmatrix}$$

$$\text{Sum} = \underline{3.04}$$

4) ทำการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูล (Consistency)

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเรื่องของความสอดคล้องของข้อมูล ขอแสดงตัวอย่าง เช่น วิเคราะห์เปรียบเทียบว่า A มีความสำคัญมากกว่า B 2 เท่า และ B มีความสำคัญมากกว่า C 4 เท่า

ดังนั้น A ควรมีความสำคัญกว่า C 8 เท่า แต่ถ้าวิเคราะห์ว่า A มีความสำคัญมากกว่า C 2 เท่านั้น หมายถึง การวิเคราะห์ในตัวอย่างนี้ไม่มีความสอดคล้องกัน ซึ่งบางครั้งการวิเคราะห์อาจไม่มีความสอดคล้องของข้อมูลเกิดขึ้นได้ การแก้ไขก็คือทบทวนกระบวนการใหม่ เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ออกมามีความสอดคล้องกันอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

ความสอดคล้องของข้อมูลจะต้องตรวจสอบจากค่าสัดส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio, CR) ว่ายอมรับได้หรือไม่

4.1) สัดส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio)

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

CR = ค่าสัดสวนความสอดคล้อง (Consistency Ratio)

CI = ดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index)

RI = ดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Random Index)

4.2) ดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index)

$$CI = \frac{\lambda - n}{n-1} \qquad \lambda = \frac{\sum_{i=1}^{n} k_{i/n_i}}{n}$$

4.3) ดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Random Index, RI) ซึ่ง RI เป็นค่าที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง สามารถหาได้ดังนี้

ตารางที่ 2.3 ดัชนีจากการสุ่มตัวอย่างในแต่ละจำนวนทางเลือก

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

4.4.) โดยค่าสัดส่วนความสอดคล้อง (CR) ที่ยอมรับได้ คือ 0.1 หรือน้อยกว่า หากค่าความสอดคล้องสูงกว่าที่ยอมรับได้ต้องมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบใหม่

4.5) เลือกทางเลือกที่มีค่ามากที่สุดจะเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุดและตัวเลือกอื่นๆ รองลงมา

2.9 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

วรวิทย์ (2552) ได้ทำการศึกษากระบวนการจัดการความเสี่ยงของการควบคุมโครงการก่อสร้างประเภทคอนกรีตสำเร็จรูปด้วยการประยุกต์กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น โดยนำวิธีการหาโอกาสในการเกิดขึ้นและความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง (Frequency Impact Grid) และกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคัดเลือกและลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงที่เหมาะสมต่อการควบคุมคุณภาพโครงการในการดำเนินการจะเน้นศึกษาปัจจัยภายในในช่วงดำเนินการก่อสร้างผ่านมุมมองของผู้จัดการโครงการ หรือวิศวกรโครงการ ในฝ่ายผู้รับเหมาที่มีประสบการณ์ในการบริหารงานก่อสร้างประเภทคอนกรีตสำเร็จรูป ซึ่งจากการศึกษา พบว่า ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อการควบคุมคุณภาพงานก่อสร้างในช่วงดำเนินการก่อสร้าง จำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับฝ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและมีความสำคัญสูงต่อโรงการ มีปัจจัยเสี่ยงที่นำมาพิจารณา คือ ฝ่ายเจ้าของโครงการ ฝ่ายผู้ออกแบบ ฝ่ายควบคุมงาน และฝ่ายผู้รับเหมารายย่อย กลุ่มที่ 2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับรายละเอียดของตัวโครงการ มีปัจจัยเสี่ยงที่นำมาพิจารณา คือ สัญญางาน สถานที่ก่อสร้าง และแผนงานดำเนินการ กลุ่มที่ 3 ปัจจัยทางด้านการบริหารและดำเนินโครงการ มีปัจจัยเสี่ยงที่นำมาพิจารณาคือ การจัดองค์กร บุคลากรในองค์กร วิธีบริหารงาน การตรวจสอบควบคุมคุณภาพของโครงการ และปัจจัยด้านการเงิน และกลุ่มที่ 4 ปัจจัยทางด้านการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป มีปัจจัยเสี่ยงที่นำมาพิจารณาคือ ขั้นตอนการเตรียมแบบหล่อ ขั้นตอนการลงเหล็กและของฝัง ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพและการเทคอนกรีต ขั้นตอนการถอดแบบ ขั้นตอนการยกชิ้นงาน ขั้นตอนการจัดเก็บชิ้นงาน ขั้นตอนการซ่อมแซมชิ้นงาน และขั้นตอนการขนส่งและติดตั้งชิ้นงาน โดยในแต่ละกลุ่มมีปัจจัยย่อย 61 ปัจจัยเสี่ยงที่นำมาพิจารณา จากการตรวจสอบความสอดคล้องของการวินิจฉัย โดยผู้มีประสบการณ์ในการบริหารงานก่อสร้างประเภทคอนกรีตสำเร็จรูป ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ 1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับฝ่ายต่างๆ ปัจจัยย่อยที่มีระดับความสำคัญของปัจจัยสูงสุด คือ ฝ่ายผู้รับเหมารายย่อย กลุ่มที่ 2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับรายละเอียดของตัวโครงการ ปัจจัยย่อยที่มีระดับความสำคัญของปัจจัยสูงสุด คือ แผนการดำเนินการ กลุ่มที่ 3 ปัจจัยทางด้านการบริหารและดำเนินโครงการ ปัจจัยย่อยที่มีระดับความสำคัญของปัจจัยสูงสุด คือ ปัจจัยด้านการเงิน กลุ่มที่ 4 ปัจจัยทางด้านการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ปัจจัยย่อยที่มีระดับความสำคัญของปัจจัยสูงสุด คือ ปัจจัยด้านการขนส่งและติดตั้งชิ้นงาน

กมลวัลย์ และจีรพรรณ (2550) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพในกระบวนการออกแบบและกระบวนการก่อสร้างอาคาร โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา ตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพ

ในกระบวนการออกแบบและกระบวนการก่อสร้างอาคาร โดยศึกษาจากทัศนคติของกลุ่มผู้ออกแบบ และกลุ่มผู้ควบคุมงานที่ทำงานในบริษัทที่ปรึกษาที่ได้รับใบประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมจากสภาวิศวกร และตัวแทนฝ่ายควบคุมงาน จำนวน 30 ชุด โดยได้ศึกษาตัวแปรของกลุ่มปัจจัยทีมีผลต่อคุณภาพในกระบวนการออกแบบอาคาร จำนวน 23 ตัวแปร และศึกษาตัวแปรของกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพในกระบวนการก่อสร้างอาคาร จำนวน 22 ตัวแปร โดยใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ ในการศึกษาการรวมกลุ่มของตัวแปรที่สนใจศึกษา ซึ่งผลการศึกษาสามารถแบ่งกลุ่มตัวแปรของปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการออกแบบอาคารในมุมมองของผู้ออกแบบได้ 7 องค์ประกอบ และผู้ควบคุมงาน แบ่งได้ 6 องค์ประกอบ ในการแบ่งกลุ่มตัวแปรของปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการก่อสร้างอาคารในมุมมองของผู้ออกแบบ แบ่งได้ 6 องค์ประกอบ และผู้ควบคุมงานแบ่งได้ 5 องค์ประกอบ และพบว่า กลุ่มผู้ออกแบบและกลุ่มผู้ควบคุมงานให้ความสำคัญกับความสามารถสร้างได้จริงของแบบก่อสร้างเป็นอันดับแรกในกระบวนการออกแบบ และให้ความสำคัญกับความชัดเจนของสัญญามากที่สุดในส่วนของการก่อสร้าง

ศรัณย์ (2548) ได้ทำการศึกษา เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพงานอาคารในช่วงการก่อสร้าง โดยการใช้แบบสอบถามสำรวจข้อมูลความคิดเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง และใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจากการศึกษาพบว่า มีปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพงานอาคาร 39 ปัจจัยแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ ปัจจัยที่เกิดจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง ปัจจัยที่เกิดจากทีมงานก่อสร้าง ปัจจัยที่เกิดในกระบวนการก่อสร้างและปัจจัยภายนอก โดยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพงานอาคารมากที่สุดคือ ความสามารถในการบริหารงานของผู้บริหารโครงการ รองลงมาคือ ความรู้ความเข้าใจในกระบวนการก่อสร้างของผู้ออกแบบ ความร่วมมือกันของทีมงานก่อสร้างและความสามารถในการประสานงานของผู้บริหารโครงการ ซึ่งกลุ่มปัจจัยที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ กลุ่มปัจจัยที่เกิดจากทีมงานก่อสร้าง โดยผลการศึกษาพบว่า โครงการก่อสร้างที่ต้องดำเนินการก่อสร้างอาคารที่ถูกต้องตามแบบและรายการประกอบแบบ รวมทั้งสร้างความพึงพอใจให้เจ้าของงานหรืออาคารที่มีคุณภาพนั้น จะต้องมีการวางแผนอย่างรอบคอบก่อนทำการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นด้านการบริหารจัดการ การดำเนินการก่อสร้าง การคัดเลือกทีมงานก่อสร้างและต้องมีการประสานงานที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งทีมงานก่อสร้าง ผู้บริหารโครงการ วิศวกร โฟร์แมนหรือผู้ออกแบบ ต้องหมั่นศึกษาเรียนรู้และหาประสบการณ์ด้านต่างๆ ที่จำเป็นต่อการดำเนินการก่อสร้าง เพื่อพัฒนาทักษะด้านต่างๆ ของตนเอง ซึ่งจะทำให้สามารถร่วมมือกันทำงานก่อสร้างได้อย่างมีคุณภาพ