การวิเคราะห์สาเหตุของการแก้ไขงานในโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้า: กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้าสายสีเขียว (เหนือ) และโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้าชานเมืองสายสีแดง

Cause Analysis of Rework in Skytrin Construction Projects: Case Studies in MRT Green Line (North) and SRT Red Line Construction Project

ทศพล ชมโฉม และ สันติ ชินานุวัติวงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: thosspoln@gmail.com, fengstc@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจปัญหาข้อบกพร่อง และวิเคราะห์สาเหตุการแก้ไขงานของโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้า 2 โครงการ โดยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสัญญาก่อสร้าง 4 สัญญาที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน ปัญหาข้อบกพร่องที่มีผลกระทบกับต้นทุนทางตรงในการแก้ไขงาน จากเอกสารรายงานสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ นำมาเรียงลำดับโดยใช้ทฤษฎีพาเรโต ร่วมกับการสัมภาษณ์ผู้จัดการโครงการก่อสร้างจำนวน 6 ราย โดยแบ่งการศึกษาเป็นโครงสร้างส่วนล่างและโครงสร้างส่วนบน แต่ละส่วนประกอบด้วยสาเหตุปัจจัยสำคัญ 5 ด้าน คือ 1. ด้านบุคลากร 2. ด้านวัสดุ 3. ด้านขั้นตอนและกระบวนการทำงาน 4. ด้านเครื่องจักรและอุปกรณ์ 5. ด้านสภาพแวดล้อมและปัจจัยที่คาดไม่ถึง ผลจากการวิจัยพบว่าสำหรับโครงสร้างส่วนล่าง ปัญหา 3 ลำดับแรกที่มีผลกระทบต่อต้นทุนทางตรงรวมกันเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ 1. ปัญหาเสาเข็มเจาะ ไม่ผ่านการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม 2. ปัญหาการเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะ 3. ปัญหาเสาเข็มเจาะเยื้องศูนย์เกินข้อกำหนด และ สำหรับโครงสร้างส่วนบน ปัญหา 3 ลำดับแรกที่มีผลกระทบต่อต้นทุนทางตรงรวมกันเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ 1. ปัญหาการติดตั้งคานคอนกรีตสำเร็จรูปรองรับสถานี 2. ปัญหาความเสียหายชิ้นงานทางวิ่งรถไฟฟ้า 3. ปัญหาความเสียหายแผ่นพื้นคอนกรีตสถานี โดยได้สรุปแนวทางในการระวังป้องกันปัญหาในอนาคตเพื่อเป็นข้อมูลที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ผู้จัดการโครงการรุ่นใหม่หรือวิศวกรที่สนใจ สามารถนำไปพัฒนาคุณภาพงานหรือใช้เป็นแนวทางระวังป้องกันปัญหาข้อบกพร่องในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้ารูปแบบทางยกระดับต่อไป

คำสำคัญ: รายงานสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด; โครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้า; การแก้ไขงาน; ต้นทุนทางตรง

Abstract

The objectives of this research are to investigate the problems of defects and to analyze the causes of reworks due to the defects of 2 skytrain construction projects. The data are collected from 4 construction contracts which have similar characteristics. The defect issues from Non-Conformance Reports (NCR) that have effect on direct cost of solving the

problem have been ranked by employing Pareto theory. Then, 6 construction project managers are interviewed. The projects are divided into two parts; Substructure and Superstructure, each consists of 5 main factors. The result shows that; For Substructure, there are top 3 problems that have accumulated cost greater than 80 percent, they are 1.) Bored piles do not pass integrity testing 2.) Concrete pouring of bored piles. 3.) Eccentric of bored piles. For Superstructure, there are top 3 problems that have accumulated cost greater than 80 percent, they are 1.) Installing prestressed concrete cross beams to support the station 2.) Damages of Viaduct Segments 3.) Damages of concrete plank slab station floor. Finally, the researchers summarize a guideline to prevent the future problems for quality control department, new project managers or site engineers who are interested in Skytrain construction projects.

Keywords: Non-conformance report; Skytrain construction project; Rework; Direct Cost

1. บทนำ

การทำงานซ้ำเพื่อแก้ไขงานที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเป็นปัญหาในด้านคุณภาพ ไม่ว่าจะเป็นบริษัทรับเหมาก่อสร้างขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถพบเจอกับปัญหาด้านการควบคุมคุณภาพในงานก่อสร้างอยู่อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการสืบหาสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องนั้น จะช่วยให้ทราบถึงสาเหตุใดบ้างที่ส่งผลให้เกิดการแก้ไขงานในช่วงก่อสร้าง ถึงแม้ว่าผู้จัดการโครงการก่อสร้างจะมีประสบการณ์และการรับรู้ปัญหาอย่างกว้างขวาง เนื่องด้วยเทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารและการเก็บข้อมูลในรูปแบบฐานข้อมูลที่นำมาประยุกต์ใช้กับการก่อสร้าง แต่ในด้านความครบถ้วนและการรวบรวมปัญหาอย่างเป็นระบบยังไม่เด่นชัดนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้จัดการโครงการก่อสร้างหน้าใหม่ จะต้องใช้เวลาในการเก็บประสบการณ์และรับรู้ปัญหา อาจก่อให้เกิดความเสียหายในการบริหารงานก่อสร้างขึ้นได้ งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจประเด็นปัญหาข้อบกพร่อง และวิเคราะห์หาสาเหตุการแก้ไขงานจากการจัดอันดับประเด็นปัญหาข้อบกพร่อง ด้วยตัวชี้วัดในด้านต้นทุนทางตรงของการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องจากโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้า จำนวน 2 โครงการ 4 สัญญาก่อสร้าง ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน แยกตามหมวดงานโครงสร้างส่วนบนและโครงสร้างส่วนล่าง และสรุปแนวทางในการระวังป้องกันปัญหาการแก้ไขงานในโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะใกล้เคียงกันต่อไป

2. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารรายงานสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (Non-conformance report: NCR) [1] เป็นเอกสารรายงานการดำเนินการเพิ่มเติมเพื่อแก้ไขงานหรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนดที่จำเป็น ยกเว้นว่าปัญหาข้อบกพร่องนั้นจะถูกจัดเป็นความเบี่ยงเบนที่สามารถยอมรับได้ ภายใต้เกณฑ์ที่ระบุไว้ในข้อกำหนดสัญญา และเอกสารดังกล่าวยังเป็นเอกสารที่วิศวกรที่ปรึกษาโครงการก่อสร้างได้ดำเนินการร่วมกับผู้รับเหมาหลัก เพื่อเป็นหลักฐานข้อมูลในการแก้ไขงานที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดต่าง ๆ แก้ไขให้กลับมาใช้งานได้หรือให้ถูกต้องตามข้อกำหนดที่ได้ทำสัญญาไว้ตั้งแต่เริ่มโครงการ การศึกษาเกี่ยวกับโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้า [2] ในประเทศไทยได้มีการอธิบายข้อมูลทั่วไปของโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้ารูปแบบทางยกระดับในประเทศไทยไว้ว่า สัญญาของโครงการก่อสร้างจะประกอบด้วยสัญญาที่เกี่ยวข้องกับงานด้านโยธาจะครอบคลุมงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานทั้งหมด ประกอบด้วย งานก่อสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้า (Viaduct) สถานี (Station) อาคารจอดแล้วจร (Park & Ride) และศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot) โดยทั่วไปโครงการจะมีระยะเวลาก่อสร้าง 4 ถึง 5 ปี ขึ้นอยู่กับขอบเขตงาน

จากรูปแบบของข้อมูลปัญหาข้อบกพร่องในโครงการรถไฟฟ้ากลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งปัญหาข้อบกพร่องออกเป็น 2 กลุ่มงาน ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 คือ หมวดงานโครงสร้างส่วนล่าง (Substructure) ประกอบไปด้วย เสาเข็ม (Pile) ฐานราก (Footing) เสา (Column) หัวเสา (column Head) และคานขวาง (Cross Beam) กลุ่มที่ 2 คือ งานโครงสร้างส่วนบน เป็นงานติดตั้งชิ้นส่วนทางวิ่ง (Viaduct Segment) และงานก่อสร้างสถานี (Station) ประกอบด้วยงานโครงสร้างภายใน งานสถาปัตยกรรม งานระบบ และงานตรวจสอบความถูกต้อง การศึกษาปัญหาข้อบกพร่องกรณีศึกษาโครงการรถไฟฟ้ารางเดี่ยวในประเทศอิหร่าน [3] มีการรวบรวมข้อมูลเอกสารรายงานความผิดพลาดเพื่อการศึกษาต้นทุนด้านการจัดการคุณภาพในโครงการก่อสร้าง พบว่าความถี่สูงสุดของปัญหาความผิดพลาดในการก่อสร้างแบ่งตามเงื่อนไข พบว่ามาจากสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับด้านการก่อสร้างหน้างานมีความถี่ในการเกิดสูงที่สุด แต่เมื่อคิดมูลค่าความผิดพลาดในด้านการก่อสร้างทั้งหมดเป็นเพียง 0.05 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าสัญญา แต่เป็นค่าจ้างฝ่ายตรวจสอบคุณภาพถึง 2.32 เปอร์เซ็นต์ จากต้นทุนในด้านคุณภาพทั้งหมด 2.78 เปอร์เซ็นต์ จากมูลค่าสัญญา ดังนั้นการค้นหาและวิเคราะห์สาเหตุปัญหาข้อบกพร่องสามารถใช้เป็นข้อมูลในการระวังป้องกันให้กับฝ่ายควบคุมคุณภาพต่อไป

จากการศึกษาปัญหาข้อบกพร่องในประเทศออสเตรเลีย [4] เรื่องค่าใช้จ่ายด้านคุณภาพในข้อมูลความผิดพลาดในการก่อสร้างที่เกิดขึ้นจริง โดยเป็นข้อมูลจากการดำเนินงานของผู้รับเหมาที่ได้บันทึกข้อมูลต้นทุนการแก้ไขงานไว้ในเอกสารรายงานสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด จำนวน 7,082 ฉบับ นำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) ซึ่งชุดข้อมูลดังกล่าวไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนทางอ้อม โดยผลที่ได้คือต้นทุนทางตรงที่เกิดขึ้นจากการแก้ไขงานที่ระบุไว้ในเอกสารรายงาน การแก้ไขปัญหาความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 0.18 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าสัญญา ประกอบด้วย งานโครงสร้างเหล็กและงานคอนกรีตมีระดับความรุนแรงสูงที่สุด ดังนั้นถ้าผู้รับเหมาสามารถป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดได้จากการรับรู้สาเหตุการแก้ไขงานจะทำให้สามารถลดต้นทุนการก่อสร้างได้

สำหรับการศึกษานี้ใช้ข้อมูลจากโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

2.1 โครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้าชานเมืองสายสีแดง ช่วงบางซื่อ-รังสิต มีการรถไฟแห่งประเทศไทยเป็นเจ้าของโครงการ ประกอบด้วยงานก่อสร้างทางรถไฟยกระดับ งานก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้า 10 สถานี ระยะทางรวม 26.3 กิโลเมตร

2.2 โครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้าสายสีเขียว (เหนือ) ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-คูคต มีการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทยเป็นเจ้าของโครงการ โดยเป็นเส้นทางยกระดับ ระยะทาง 19 กิโลเมตร จำนวน 16 สถานี

3. ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้ทำการรวบรวมข้อมูลด้านความผิดพลาดในคุณภาพการก่อสร้าง และด้านต้นทุนที่ใช้แก้ไขความผิดพลาดของงานก่อสร้าง จากกรณีศึกษา โครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้า จำนวน 2 โครงการ 4 สัญญาก่อสร้าง โดยมีแหล่งข้อมูลที่สำคัญคือเอกสารรายงานสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (NCRs)

จากฐานข้อมูล NCRs ที่เก็บรวบรวมโดยฝ่ายควบคุมคุณภาพของผู้รับเหมาก่อสร้างทั้ง 4 สัญญา โดยข้อมูลรายงานดังกล่าว ระบุถึงตำแหน่งของงานที่ทำการแก้ไขงาน จำนวนและปริมาณของสิ่งที่แก้ไขงาน สาเหตุที่ทำให้แก้ไขงาน รวมไปถึงวิธีการแก้ไขงานก่อสร้างที่ผิดพลาด ซึ่งสามารถนำมาสรุปหาต้นทุนทางตรงของความเสียหายจากการแก้ไขงานที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการก่อสร้าง โดยประเมินจากข้อมูลในเอกสารสัญญาการก่อสร้างร่วมกับข้อมูลราคากลางของวัสดุที่ใช้ในโครงการก่อสร้างดังกล่าว เพื่อนำข้อมูลต้นทุนการแก้ไขงานทางตรงมาใช้เป็นตัวชี้วัดในการจัดอันดับความสำคัญของปัญหาข้อบกพร่อง โดยใช้แนวคิดของเครื่อง

มือควบคุมคุณภาพ 7 ประการ มาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้เลือกหลักการวิเคราะห์แบบพาเรโต [5] ประเภทน้อยชนิดแต่มีผลมาก (Vital Few) และมีแผนภูมิที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ ของข้อมูลปัญหาข้อบกพร่องกับต้นทุนทางตรงของการแก้ไขงาน คือแผนภูมิพาเรโต ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้มูลค่าต้นทุนทางตรงของการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องเป็นดัชนีชี้วัดการจัดอันดับประเด็นปัญหาข้อบกพร่องหลัก แทนการใช้เพียงผลรวมความถี่ของการเกิดปัญหาข้อบกพร่อง เพื่อระบุถึงที่ปัญหาข้อบกพร่องที่มีความสำคัญประเภทน้อยชนิดแต่มีมูลค่ามาก

จากนั้นนำปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในเอกสารรายงานสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดมาทำการประมาณราคาต้นทุนทางตรงของการแก้ไขงาน โดยผู้วิจัยได้เลือก ใช้วิธีการประมาณราคาจากปริมาตร [6] ซึ่งเป็นวิธีการประมาณโดยคิดปริมาตรของสิ่งก่อสร้างทั้งหมดคูณด้วยราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของปริมาตร ค่าก่อสร้างต่อหน่วยของปริมาตรที่นำมาคูณนี้ ได้มาจากผลการประมาณราคาโดยละเอียดของงานก่อสร้างประเภทเดียวกันที่เคยประมาณราคาผ่านมาแล้ว จากนั้นนำข้อมูลปัญหาข้อบกพร่องกับข้อมูลการประมาณมูลค่าที่ใช้ ในการแก้ไขงานทางตรงมาจัดอันดับด้วยเครื่องมือแผนภูมิพาเรโต

ชนิดของข้อมูลที่แสดงบนแผนภูมิพาเรโต ได้แก่ สาเหตุของปัญหาต่างๆ เพื่อให้มองเป็นภาพปัญหาที่มีอัตราส่วนมากที่สุดเมื่อเทียบกับจำนวนการเกิดปัญหาทั้งหมดในหมวดนั้นๆ แผนภูมิพาเรโตใช้เลือกปัญหาสำคัญ ประเภทน้อยชนิดแต่มีผลมาก ซึ่งถ้าแก้ไขหรือมีการระวังป้องกันสาเหตุของปัญหานั้นๆ จะช่วยลดต้นทุนและเพิ่มความถูกต้องแม่นยำรวมไปถึงคุณภาพของการทำงานในโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้าขึ้นได้ และการใช้แผนผังแสดงเหตุผล (Cause Effect Diagram) ซึ่งเป็นแผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุทั้งหมดที่ก่อให้เกิดปัญหานั้นมีรูปร่างคล้ายก้างปลา โดยส่วนที่เป็นหัวปลาเป็นส่วนที่รวมปัจจัยทั้งหมดที่ส่งผลต่อประเด็นปัญหาในตัวปลา เพื่อการหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นต่อจากแผนภูมิพาเรโตและทำการหาสาเหตุของปัญหานั้น โดยการนำมาแจกแจงสาเหตุหลักของปัญหา และได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุแก้ไขงานจากการจัดอันดับประเด็นปัญหาข้อบกพร่องด้วยความสำคัญของปัญหาที่มีผลมากในด้านต้นทุนทางตรงของการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องร่วมกับการสัมภาษณ์ผู้จัดการโครงการก่อสร้าง

ในส่วนของผู้ถูกสัมภาษณ์นั้นเป็นผู้จัดการโครงการก่อสร้างจำนวน 6 ท่าน ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้ากรณีศึกษา มีประสบการณ์การทำงานในการควบคุมงานก่อสร้างตั้งแต่ 11-20 ปี การเก็บข้อมูลเป็นเชิงคุณภาพโดยการใช้แบบสัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์สามารถอธิบายคำถามหรือข้อสงสัยแก่ผู้ถูกสัมภาษณ์ได้ โดยผู้สัมภาษณ์เป็นผู้จดบันทึกข้อมูล โดยเป็นการนำปัญหาที่ได้จัด ลำดับจากแผนภูมิพาเรโตมาสร้างเป็นแบบสัมภาษณ์ แบ่งคำถามออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ 1. งานโครงสร้างส่วนล่าง 2. งานโครงสร้างส่วนบน โดยส่วนของผู้ที่ ถูกสัมภาษณ์นั้นเป็นผู้จัดการโครงการที่รับผิดชอบทั้งสองหมวดงานที่เกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาในการแก้ไขงาน แนวทางในการระวังป้องกัน และข้อคิดเห็นอื่น ๆ เพิ่มเติม

ในโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้ากรณีศึกษาทั้ง 2 โครงการ การเก็บข้อมูลจากโครงการรถไฟฟ้ากรณีศึกษามีรายละเอียด มีจำนวนรายการปัญหาข้อบกพร่องจากข้อมูลทั้งหมด 4 สัญญา แสดงในตารางที่ 1 ปัญหาหมวดงานโครงสร้างส่วนล่างเท่ากับ 2,413 ครั้ง แบ่งเป็น 28 รายการปัญหา และตารางที่ 2 แสดงจำนวนปัญหาหมวดงานโครงสร้างส่วนบนเท่ากับ 239 ครั้ง แบ่งเป็น 12 รายการปัญหา เรียงลำดับจากจำนวนครั้งมากไปหาน้อย และแยกต้นทุนทางตรงของการแก้ไขงาน หมวดโครงสร้างส่วนล่างได้เท่ากับ 44,167,222 บาท แยกต้นทุนทางตรงของการแก้ไขงาน หมวดโครงสร้างส่วนบนได้เท่ากับ 2,009,119 บาท ดังนั้นต้นทุนทางตรงรวมที่ใช้แก้ไขงานทั้งหมดเท่ากับ 46,176,340 บาท คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับมูลค่างานโครงสร้างในความก้าวหน้า ณ ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลเท่ากับ 0.17 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าสัญญางานโครงสร้าง

ตารางที่ 1 สรุปข้อมูลจากโครงการรถไฟฟ้ากรณีศึกษา หมวดงานโครงสร้างส่วนล่าง

ลำดับ	ปัญหาข้อบกพร่อง หมวดงานโครงสร้างส่วนล่าง	จำนวน (ครั้ง)	ผลรวมต้นทุนทางตรง (บาท)
1	เสาเข็มตอกเยื้องศูนย์เกินกำหนด	1,077	1,907,809
2	เสาเข็มตอกไม่ได้ระดับตามที่คาดไว้	374	358,627
3	เสาเข็มเจาะเยื้องศูนย์เกินกำหนด	361	5,743,865
4	การติดตั้งคานขวางรองรับชิ้นงานทางวิ่งรถไฟฟ้า	107	784,510
5	การทำงานก่อนแบบรายละเอียดก่อสร้างจะอนุมัติ	91	433,682
6	เสาเข็มเจาะไม่ผ่านการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม	81	15,137,741
7	ระยะหุ้มคอนกรีตฐานรากน้อยกว่ากำหนด	60	269,366
8	คอนกรีตบริเวณหัวเสาเข็มเจาะไม่ได้คุณภาพ	49	266,680
9	ขนาดของฐานรากไม่ถูกต้อง	30	441,299
10	เหล็กเสริมคอนกรีตในเสาตอม่อคอนกรีต	28	103,047
11	ระยะหุ้มคอนกรีตเสาเข็มเจาะน้อยกว่ากำหนด	26	201,392
12	ความเสียหายของเสาเข็มเจาะจากการเทคอนกรีต	22	12,749,289
13	ค่าระดับของเสาเข็มเจาะ	18	485,544
14	ผิวคอนกรีตในเสาตอม่อคอนกรีต	14	117,211
15	การใช้แบบก่อสร้างไม่ถูกต้อง	11	599,567
16	เสาเข็มตอกเกิดความเสียหาย	10	579,390
17	เหล็กเสริมคอนกรีตในฐานราก	9	32,852
18	ท่อ Sonic Logging เสาเข็มเจาะเสียหาย	6	144,135
19	เสาเข็มตอกค่า Blow count ผิดพลาด	6	133,772
20	ระดับฐานรากไม่ถูกต้อง	6	108,258
21	การทดสอบตัวอย่างคอนกรีตเสาเข็มเจาะ	5	-
22	การตัดหัวเสาเข็มเจาะ	4	26,355
23	ขั้นตอนในการก่อสร้างฐานรากไม่ถูกต้อง	3	1,929,066
24	การติดตั้งชิ้นงานเสาคอนกรีต	3	15,857
25	เสาเข็มเจาะก่อสร้างผิดตำแหน่ง	2	1,550,654
26	ถังน้ำในสถานี	2	10,267
27	การเทคอนกรีตเสาตอม่อ	1	32,834
28	ท่อระบายน้ำในเสาคอนกรีตตอม่อ	1	2,135
รวม		**2,413**	**44,167,222**

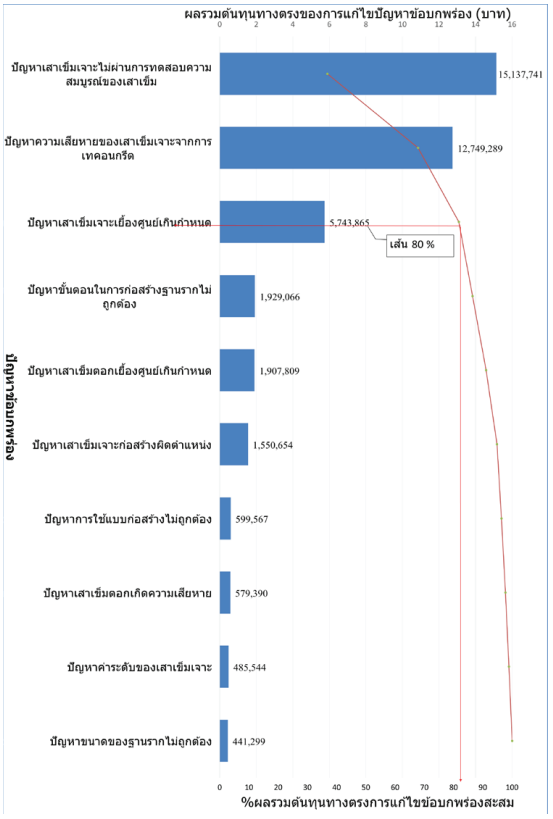
ตารางที่ 2 สรุปข้อมูลจากโครงการรถไฟฟ้ากรณีศึกษา หมวดงานโครงสร้างส่วนบน

ลำดับ	ปัญหาข้อบกพร่อง หมวดงานโครงสร้างส่วนบน	จำนวน (ครั้ง)	ผลรวมต้นทุนทางตรง (บาท)
1	การติดตั้งคานคอนกรีตสำเร็จรูปรองรับสถานี	80	670,341
2	การติดตั้งหลังคาสถานี	55	165,560
3	ความเสียหายชิ้นงานทางวิ่งรถไฟฟ้า	41	608,161
4	การติดตั้งลวดอัดแรงบนชิ้นงานทางวิ่งรถไฟฟ้า	23	70,388
5	ความผิดพลาดจากการหล่อชิ้นงานทางวิ่งรถไฟฟ้า	14	160,139
6	แท่น Bearing รองรับชิ้นงานทางวิ่งรถไฟฟ้า	7	69,674
7	การทำงานก่อนแบบรายละเอียดก่อสร้างจะอนุมัติ	7	-
8	ความผิดพลาดจากกำแพงภายในสถานี	5	53,952
9	ความผิดพลาดจากเสาภายในสถานี	4	14,124
10	ความเสียหายแผ่นพื้นสถานี	1	187,848
11	ชิ้นงานทางวิ่งรถไฟฟ้าหลังติดตั้งไม่แนบสนิทกัน	1	6,043
12	ความผิดพลาดในการติดตั้งบันไดสถานี	1	2,887
รวม		**239**	**2,009,119**

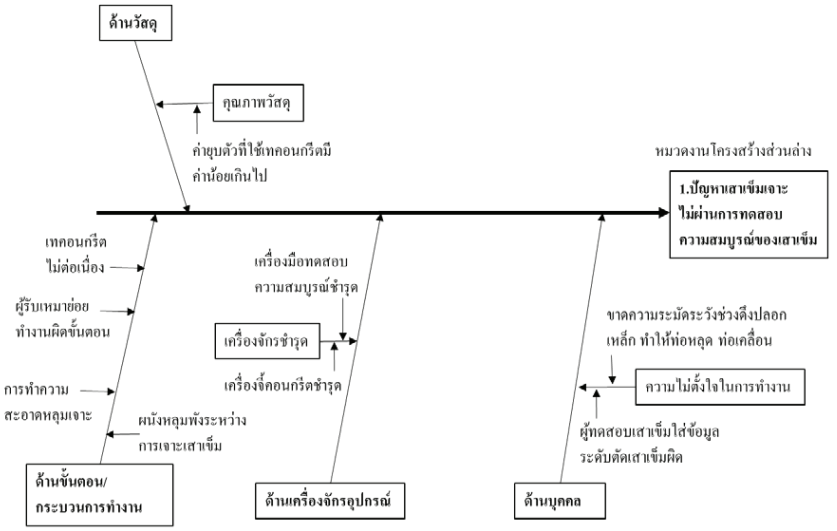
4. ผลการวิจัยและอภิปราย

ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างแผนภูมิพาเรโตเรียงตามมูลค่าทางตรงการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่อง หมวดงานโครงสร้างส่วนล่าง จากการรวมข้อมูลของโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้ากลุ่มตัวอย่าง 4 สัญญา เลือกวิเคราะห์ในส่วนน้อยที่สำคัญ ที่ส่งผลให้ผลรวมต้นทุนทางตรงการแก้ไขงานในการเกิดจุดบกพร่องสะสมสูงเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีปัญหาข้อบกพร่องใหญ่ คือ 1. เสาเข็มเจาะไม่ผ่านการทดสอบความสมบูรณ์ 2. การเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะ 3. เสาเข็มเจาะเยื้องศูนย์เกินข้อกำหนด และยังมีปัญหาข้อบกพร่องที่สำคัญของหมวดงานโครงสร้างส่วนบน ที่ได้จากการวิเคราะห์ในส่วนน้อยที่สำคัญที่ส่งผลให้ผลรวมต้นทุนทางตรงการแก้ไขงานในการเกิดจุดบกพร่องสะสมสูงเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ จากแผนภูมิพาเรโต คือ 1. การติดตั้งคานคอนกรีตสำเร็จรูปรองรับสถานี 2. ความเสียหายชิ้นงานทางวิ่งรถไฟฟ้า 3. ความเสียหายแผ่นพื้นคอนกรีตสถานี โดยแผนภูมิพาเรโตที่แยกการวิเคราะห์หมวด งานโครงสร้างส่วนบนและโครงสร้างส่วนล่าง ดังที่กล่าวในข้างต้นนี้เป็นการจัดอันดับปัญหาข้อบกพร่องหลักในส่วนที่มีผลกระทบต่อต้นทุนทางตรงของการแก้ไขมากที่สุด

ถึงแม้ว่าทั้งสองโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้ากลุ่มตัวอย่าง จะมีรูปแบบการจัดองค์กรและรูปแบบสัญญาที่เหมือนกัน แต่แนวทางนโยบายการบริหารงานและการควบคุมงานก่อสร้างมีความแตกต่างกันในบางลักษณะ ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาข้อบกพร่องบางชนิดที่แตกต่างกันในแต่ละโครงการ ดังข้อมูลข้างต้นทั้งหมวดงานโครงสร้างส่วนล่างและหมวดงานโครงสร้างส่วนบน การวิเคราะห์สรุปผลให้ได้เฉพาะสาเหตุของปัญหาหลัก ในรูปแบบแผนผังแสดงเหตุและผล โดยผู้วิจัยได้แบ่งสาเหตุของปัญหาหลักที่เกิดจากการแก้ไขงานในโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้ากลุ่มตัวอย่างออกเป็น 5 ด้าน ประกอบด้วยด้านบุคลากร ด้านวัสดุ ด้านขั้นตอนและกระบวนการทำงาน ด้านเครื่องจักรและอุปกรณ์ และด้านสภาพแวดล้อมและปัจจัยที่คาดไม่ถึง เพื่อใช้ในการสัมภาษณ์ผู้จัดการโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้ากลุ่มตัวอย่าง จำนวน 6 ท่าน ในแนวทางระวังป้องกันสาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องหลักดังกล่าว



ภาพที่ 1 ตัวอย่างแผนภูมิพาเรโตเรียงตามมูลค่าทางตรงของการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่อง หมวดงานโครงสร้างส่วนล่าง



ภาพที่ 2 ตัวอย่างแผนผังแสดงสาเหตุและผล ปัญหาเสาเข็มเจาะไม่ผ่านการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มเจาะ หมวดงานโครงสร้างส่วนล่าง

5. ปัญหาหลักและสาเหตุของข้อบกพร่อง

ภาพที่ 2 เป็นตัวอย่างแผนผังเหตุและผล แสดงให้เห็นถึงสาเหตุปัจจัยหลักจากข้อมูลที่ได้เรียงลำดับมาจากแผนภูมิพาเรโตในส่วนสำคัญที่ส่งผลให้ผลรวมต้นทุนทางตรงการแก้ไขงานในการเกิดปัญหาข้อบกพร่องสะสมสูงเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ นำมาทำการวิเคราะห์สรุปผลร่วมกับการสัมภาษณ์ผู้จัดการโครงการ ในโครงการก่อสร้างกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 6 ท่าน ในเชิงสาเหตุปัญหาจากข้อมูลเอกสารรายงานสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด แยกเป็นหมวดงานโครงสร้างส่วนบน และหมวดงานโครงสร้างส่วนล่าง

5.1 หมวดงานโครงสร้างส่วนล่าง ประกอบด้วย

5.1.1 ปัญหาเสาเข็มเจาะ ไม่ผ่านการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มเจาะ มีประเด็นที่ต้องบริหารจัดการ เพื่อเป็นแนวทางในการระวังป้องกันสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดปัญหาข้อบกพร่อง สามารถแยกออกเป็น 4 ด้าน ประกอบด้วย 1. ด้านวัสดุ มีสาเหตุคือค่ายุบตัวคอนกรีตที่ใช้เทมีค่าน้อยเกินไป 2. ด้านเครื่องจักรและอุปกรณ์ มีสาเหตุคือเครื่องจักรชำรุดเสียหาย ประเภทเครื่องจี้คอนกรีต และเครื่องมือทดสอบความสมบูรณ์ของผู้รับเหมาย่อยชำรุด 3. ด้านขั้นตอนและกระบวน การทำงาน มีสาเหตุคือ การเทคอนกรีตไม่ต่อเนื่อง ผู้รับเหมาย่อยทำงานผิดขั้นตอน และขาดการทำความสะอาดหลุมเจาะ 4. ด้านบุคคล มีสาเหตุคือ ขาดความระมัดระวังช่วงดึงปลอกเหล็ก ผู้รับเหมาย่อยใส่ข้อมูลระดับเสาเข็มผิดพลาด

5.1.2 ปัญหาการเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะ มีประเด็นที่ต้องบริหารจัดการเพื่อเป็นแนวทางใน การระวังป้องกันสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดปัญหาข้อบกพร่อง สามารถแยกออกเป็น 4 ด้าน ประกอบด้วย 1. ด้านวัสดุ มีสาเหตุคือการจราจรติดขัด ระยะเวลาคอนกรีตสดเกินกำหนด และระยะเวลาแข็งตัวของคอนกรีตสดเร็วกว่าที่กำหนดไว้ 2. ด้านเครื่องจักรและอุปกรณ์มีสาเหตุคือเครื่องจักรชำรุดเสียหาย ประเภทปลอกเหล็กด้านล่างไม่สมบูรณ์ 3. ด้านขั้นตอนและกระบวนการทำงาน มีสาเหตุคือท่อนำคอนกรีตอุดตันระหว่างการเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะ การเทคอนกรีตไม่ต่อเนื่องของเสาเข็มเจาะ และปริมาณคอนกรีตที่ใช้เทเสาเข็มเจาะไม่เพียงพอ 4. ด้านบุคลากร มีสาเหตุคือขาดการประสานงานระหว่างทีมงานสนับสนุนกับทีมหน้างาน และขาดความระมัดระวังช่วงดึงปลอกเหล็กออก

5.1.3 ปัญหาเสาเข็มเจาะเยื้องศูนย์เกินข้อกำหนด มีประเด็นที่ต้องบริหารจัดการเพื่อเป็นแนวทางในการระวังป้องกันสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดปัญหาข้อบกพร่อง สามารถแยกออกเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วย 1. ด้านขั้นตอนและกระบวนการทำงาน มีสาเหตุคือ ขาดการรักษาและตรวจสอบตำแหน่งหมุดเจาะเสาเข็มก่อนเริ่มงาน การใช้ตำแหน่งอ้างอิงผิดพลาด และขั้นตอนการควบคุมระดับแนวตั้งและแนวราบไม่เหมาะสม 2. ด้านบุคคล มีสาเหตุคือขาดความระมัดระวัง หัวเจาะเสาเข็มกระแทกกับปลอกเหล็กบ่อยครั้ง สภาพร่างกายและความพร้อมของบุคลากรในขณะทำงาน 3. ด้านสภาพแวดล้อมและปัจจัยที่คาดไม่ถึง มีสาเหตุคือสภาพดินเดิมมีเสาเข็มเก่าตรงกับตำแหน่งเจาะเสาเข็มใหม่

5.2 หมวดงานโครงสร้างส่วนบน ประกอบด้วย

5.2.1 ปัญหาการติดตั้งคานคอนกรีตสำเร็จรูปรองรับสถานี มีประเด็นที่ต้องบริหารจัดการเพื่อเป็นแนวทางในการระวังป้องกันสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดปัญหาข้อบกพร่อง สามารถแยกออกเป็น 4 ด้าน ประกอบด้วย 1. ด้านวัสดุ มีสาเหตุคือคุณภาพวัสดุโรงหล่อผลิตชิ้นงานไม่ตรงตามแบบ 2. ด้านขั้นตอนและกระบวนการทำงาน มีสาเหตุคือการทำงานข้ามขั้นตอนก่อนผลทดสอบจะได้รับการอนุมัติ ขาดขั้นตอนในการตรวจสอบแบบรายละเอียดก่อสร้างก่อนส่งอนุมัติ การจงใจทำงานผิดขั้นตอนจากแบบเพื่อเว้นที่ให้งานอื่น และการใช้ความร้อนตัดหรือดัดเหล็กซึ่งผิดจากข้อกำหนด 3. ด้านบุคคล มีสาเหตุคือตรวจสอบตำแหน่งติดตั้งผิดพลาด 4. ด้านสภาพแวดล้อมและปัจจัยที่คาดไม่ถึง มีสาเหตุคือประชาชนที่อยู่อาศัยบริเวณชุมชนโดยรอบโครงการมาขัดขวาง ประท้วงไม่ให้ทำงาน

5.2.2 ปัญหาความเสียหายระหว่างการติดตั้งชิ้นงานทางวิ่งรถไฟฟ้า มีประเด็นที่ต้องบริหารจัดการเพื่อเป็นแนวทางในการระวังป้องกันสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดปัญหาข้อบกพร่อง สามารถแยกออกเป็น 2 ด้านประกอบด้วย 1. ด้านขั้นตอนและกระบวนการทำงาน มีสาเหตุคือขาดการตรวจสอบเศษวัสดุแทรกอยู่ระหว่างรอยต่อชิ้นงานทางวิ่งรถไฟฟ้า และการขาดการตรวจสอบตำแหน่งติดตั้งแม่แรงไฮดรอลิค 2. ด้านบุคคล มีสาเหตุคือชิ้นงานกระแทกกันเองระหว่างการยกชิ้นงานทางวิ่งรถไฟฟ้าเข้าตำแหน่ง และการจี้คอนกรีตบริเวณหัวแท่นสมอยึดลวดอัดแรงไม่ทั่วถึง

5.2.3 ปัญหาความเสียหายแผ่นพื้นคอนกรีตสถานี มีประเด็นที่ต้องบริหารจัดการเพื่อเป็นแนวทางในการระวังป้องกันสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดปัญหาข้อบกพร่อง สามารถแยกออกเป็น 2 ด้าน ประกอบด้วย 1.ด้านวัสดุ มีสาเหตุคือโรงงานผิดพลาดในการควบคุมคุณภาพการผลิตแผ่นพื้นในด้านระยะเวลาในการบ่มวัสดุ 2. ด้านบุคคล มีสาเหตุคือวิศวกรฝ่ายผู้รับเหมาละเลยการตรวจสอบอายุแผ่นพื้นก่อนทำการติดตั้ง

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

แม้ว่าโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้าทั้ง 2 โครงการ จะมีความคล้ายคลึงกันในหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็น เจ้าของงานเป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจเหมือนกัน มีผู้รับเหมาหลักกลุ่มเดียวกัน มีรูปแบบของสัญญาเหมือนกัน มีชนิดของสัญญาเหมือนกัน และมีรูปแบบการจัดองค์กรของผู้รับเหมาหลักเหมือนกัน รวมไปถึงผู้จัดการโครงการก่อสร้างเป็นผู้กำหนดวิธีการทำงานของทีมงานในภาพรวม อย่างไรก็ตามการกำหนดวิธีการทำงานดังกล่าวมีความแตกต่างกันตามความรู้ความสามารถ ประสบการณ์ของผู้จัดการโครงการก่อสร้าง ซึ่งปัญหาข้อบกพร่องที่มีการแก้ไขงานที่แตกต่างกันนั้น เกิดจากการบริหารงานในรายละเอียดเชิงลึกของผู้จัดการโครงการแต่ละท่านที่อ้างอิงจากประสบการณ์ ความรู้ความเชี่ยวชาญ รวมไปถึงมุมมองต่อปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งนอกเหนือจากผลการวิเคราะห์สรุปถึงแนวทางในภาพรวมที่ต้องมีการเน้นการระวังป้องกันสาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องหลักที่สำคัญ 5 ด้านของแต่ละหมวดงานดังกล่าวแล้ว การที่จะลดทอนปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้าลงได้นั้น ยังจะ ต้องได้รับความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นเจ้าของงานผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรง ผู้จัดการโครงการก่อสร้างและทีมงานวิศวกรทุกฝ่าย ผู้ควบคุมงาน ทีมงานฝ่ายสนับสนุน รวมถึงผู้รับเหมาย่อย และผู้ที่เกี่ยวข้องทางอ้อมที่เป็น ผู้ประสานงานให้โครงการก่อสร้างดำเนินไปได้คือ สำนักงานใหญ่ โรงงานหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป และผู้ผลิตวัสดุคอนกรีต ผู้ให้เช่าเครื่องจักร และผู้ผลิตวัสดุประกอบการก่อสร้างอื่น ๆ

ในอนาคตหากมีโครงการการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในพื้นที่ตัวเมืองต่างจังหวัดทั่วประเทศ การนำผลการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างทางยกระดับรถไฟฟ้าอื่นจะมีทั้งส่วนที่เหมือนกันและแตกต่างกันบ้างตามลักษณะพื้นที่ตั้งโครงการ ผู้ที่สนใจควรวิเคราะห์ศึกษาในรายละเอียดและปัจจัยอื่นเพิ่มเติม อีกทั้งผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นถึงปัญหาในส่วนที่เกิดขึ้นไม่มากครั้ง แต่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนทางตรงมาก ผู้ที่สนใจในประเด็นเหล่านี้สามารถศึกษาค้นคว้าต่อไปในประเด็นปัญหาอย่างละเอียดได้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Peter E. D. Love (2002). Influence of Project Type and Procurement Method on Rework Costs in Construction Project. Journal of Construction Engineering and Management, 128(1): 18-29.

[2] นรินทร์ ชาแสง และ สุนีรัตน์ กุศลาศัย (2560). การวางแผนโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้ายกระดับด้วยวิธีการวางแผนงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีเขียว. วิศวกรรมสารลาดกระบัง, 34(9): 65-82.

[3] Jafari A and Love P.E.D (2013). Quality Cost in Construction Case of Qom Monorail Project in Iran. Journal of Construction Engineering and Management, 139(9): 1244-1249.

[4] Love P.E.D, Teo P and Morrison J (2017). Revisiting Quality Failure Cost in Construction. Journal of Construction Engineering and Management, 142 (11): 58-68.

[5] พิชิต สุขเจริญพงษ์ (2535). หนังสือการควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[6] จุติ ใคร่ครวญ (2551). การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนค่าก่อสร้างบ้านพักอาศัยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปกับระบบคอนกรีตหล่อในที่. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ มหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ