รหัสโครงการ SUT7-712-50-12-96

รายงานการวิจัย

การใช้เทคนิคการแสดงแผนภาพแบบ 4 มิติ เพื่อบูรณาการข้อกำหนดด้านความปลอดภัยกับแผนงานก่อสร้าง

(Application of 4D Visualization Technique to Integrate Safety Requirements with Construction Plans)

คณะผู้วิจัย
หัวหน้าโครงการ
อาจารย์ ดร. วชรภูมิ เบญจโอฬาร
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2550
ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มิถุนายน 2552

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้จะไม่สามารถสำเร็จลงได้ หากปราศจากการสนับสนุนเงินทุนในการดำเนินการจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2550 และความร่วมมือจากผู้บริหารและพนักงานของบริษัทที่สนับสนุนข้อมูลในงานวิจัย คณะผู้วิจัยจึงขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง

คณะผู้วิจัย

มิถุนายน 2552

บทคัดย่อ

เทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติช่วยให้เกิดมโนทัศน์และความเข้าใจในลำดับขั้นตอนการก่อสร้างและพื้นที่การทำงานได้อย่างแจ่มแจ้ง งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการเพื่อปรับปรุงการแสดงผลภาพของเทคนิค และพัฒนาวิธีการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยแบบกราฟฟิคด้วยเทคนิคนี้ การปรับปรุงการแสดงผลภาพได้แก่ การแสดงภาพรวมของแผนงานทั้งโครงการ การแสดงขอบเขตกิจกรรม ระยะเวลาและความสัมพันธ์ของกิจกรรม และการแสดงความก้าวหน้าของโครงการ วิธีการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยแบบกราฟฟิคนั้น สร้างขอบเขตของมาตรการความปลอดภัยสำหรับกิจกรรมการก่อสร้างชิ้นส่วนต่าง ๆอย่างอัตโนมัติ ซึ่งเป็นความปลอดภัยสำหรับความอันตรายของการตกจากที่สูงและวัสดุตกกระเด็นใส่ ที่กำหนดตำแหน่งและขนาดของขอบเขตจากการวิเคราะห์ทางเรขาคณิตเทียบกับตำแหน่งและขนาดของชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างนั้น ๆ ผลจากงานวิจัยนี้มุ่งหวังให้เทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิตินี้สามารถแสดงข้อมูลแผนงานก่อสร้างแบบกราฟฟิคได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งช่วยสนับสนุนให้เทคนิคนี้สามารถใช้เป็นแผนภาพหลักของแผนงานก่อสร้าง แทนที่แผนภาพเดิมแบบแกนต์ชาร์ตหรือเน็ตเวิร์คได้ และการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยในแผนงานก่อสร้าง 4 มิติเพื่อให้ผู้บริหารโครงการได้เกิดความรับรู้อย่างแจ่มแจ้งและตระหนักถึงกิจกรรมเพื่อความปลอดภัยที่จำเป็นในแต่ละช่วงเวลาของการก่อสร้าง เพื่อให้เกิดการจัดสรรทรัพยากรที่ต้องการและปรับแผนงานให้เหมาะสมยิ่งขึ้น อันจะนำไปสู่การลดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างได้

คำสำคัญ : ความปลอดภัยในงานก่อสร้าง ข้อกำหนดด้านความปลอดภัย การแสดงแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ การวางแผนงานก่อสร้าง

Abstract

The 4D CAD model has been accepted for better conceptualizing and comprehending the sequences and spatial constraints in a construction schedule. This research develops the methodology to improve the presentation abilities of the 4D CAD model. Also, it develops the methodology to visualize the construction safety measures via this technique. Four aspects of the presentation abilities are improved namely the overview of a schedule, the duration and relationship of an activity, and the project progress tracking. The visualization of safety measures is to automatically generate boundaries for safety measures according to an individual constructing component. The safety measures are required for the fall-from-height and falling objects hazards. The size and placement of these boundaries are the results of the sophisticated geometric calculation which is referred to the size and placement of a constructing component. It is anticipated that the developed methodology enhance the visualization of the 4D CAD model and provide more informative construction schedule. This development pushes the 4D CAD model as a standard presentation method of a construction schedule. The technique is more effective than the conventional methods, Gantt chart or Network Diagram. Moreover, the visualization of construction safety integrated into the technique helps project managers better comprehend and be aware of safety activities required throughout the construction. They must allocate right resources and adjust the schedule more accordingly. This contributes to the accidents reduction in the construction industry.

Keywords: Construction Safety, Safety Requirements, 4D Visualization, Construction Planning

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อ ..... ข
Abstract ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญรูป ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.5 แผนการดำเนินการวิจัย 3
1.6 ผู้รับผิดชอบโครงการ 5
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย 6
2.1 กรอบแนวคิด 6
2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล 7
2.3 การศึกษาสำรวจ 7
2.4 การพัฒนาวิธีการแสดงผล 7
2.5 การประเมินผลความสำเร็จ 9
บทที่ 3 ข้อกำหนดและการบริหารความปลอดภัยในงานก่อสร้าง 10
3.1 ทฤษฎีอุบัติภัย 10
3.1.1 การเกิดขึ้นของอุบัติภัย 10
3.2 ประเภทของความอันตรายในงานก่อสร้าง 12
3.3 ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้าง 13
3.3.1 ประกาศกระทรวงมหาดไทย ตามประกาศคณะปฏิวัติฉบับที่ 103 (2515) 14
3.3.2 กฎกระทรวงภายใต้ พรบ.คุ้มครองแรงงาน 2541 19
3.3.3 มาตรฐานความปลอดภัยสำหรับงานก่อสร้างอาคาร (1003-18) 20
3.3.4 แผนการดำเนินงานและคู่มือความปลอดภัยของบริษัทก่อสร้าง 27
3.3.5 หลักการควบคุมความอันตรายทางวิศวกรรม 30
3.4 การบริหารความปลอดภัยในงานก่อสร้าง 30
3.4.1 นโยบายความปลอดภัย 31
3.4.2 โครงสร้างวัฒนธรรม 32

3.4.3 การวางแผนและลงมือปฏิบัติ ... 33
3.4.4 การติดตามวัดผลความสำเร็จ ... 33
3.4.5 การทบทวนและตรวจสอบ ... 34
3.5 การวางแผนความปลอดภัยในงานก่อสร้าง ... 34
3.6 บทสรุป ... 37
บทที่ 4 การปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัย ... 39
4.1 การศึกษาสำรวจ ... 39
4.1.1 การเก็บข้อมูล ... 39
4.1.2 กลุ่มตัวอย่าง ... 40
4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการสำรวจ ... 41
4.2 ผลการศึกษาสำรวจ ... 41
4.2.1 รายละเอียดทั่วไปของโครงการตัวอย่าง ... 41
4.2.2 สภาพความปลอดภัยตามหัวข้อรายการตรวจสอบ ... 62
4.2.3 ผลคะแนนจากแบบประเมินประเภทที่ 1 ... 63
4.2.4 ผลคะแนนจากแบบประเมินประเภทที่ 2 ... 65
4.2.5 ผลจากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการ ... 69
4.3 บทสรุป ... 70
บทที่ 5 เทคนิคการแสดงแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ ... 71
5.1 ประวัติความเป็นมาและพัฒนาการของเทคนิค 4D CAD model ... 71
5.2 ขั้นตอนทั่วไปในการสร้าง 4D CAD model ... 73
5.3 การใช้ประโยชน์ของเทคนิค 4D CAD model ... 75
5.4 ข้อจำกัดของเทคนิค 4D CAD model ... 78
5.5 แนวทางการพัฒนาเทคนิคการแสดงแผนภาพ 4D CAD model ... 80
5.6 ข้อจำกัดของการแสดงผลภาพ ... 82
5.6.1 การเปรียบเทียบระหว่างเทคนิคแผนภาพที่มีอยู่ ... 82
5.6.2 ข้อจำกัดของแสดงแผนภาพด้วย 4D CAD model ... 83
5.7 แนวทางปรับปรุงการแสดงผลภาพของ 4D CAD model ... 85
5.8 บทวิจารณ์ ... 93
5.9 4D CAD model ร่วมกับข้อกำหนดความปลอดภัย ... 94
5.10 บทสรุป ... 94
บทที่ 6 การแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยด้วยแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ ... 96
6.1 ความอันตรายที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งและพื้นที่ว่าง ... 96
6.2 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ว่าง ... 96
6.3 ขั้นตอนวิธีการแสดงข้อกำหนดด้วยแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ ... 97
6.3.1 ขั้นตอนวิธีสำหรับชิ้นส่วนที่กำลังก่อสร้าง ... 97

6.3.2 ขั้นตอนวิธีสำหรับชิ้นส่วนที่แล้วเสร็จ 99
6.3.3 การคัดแยกกลุ่มวัตถุที่มีสถานะการดำเนินงานต่าง ๆ 101
6.3.4 การวิเคราะห์หาข้อมูลเรขาคณิตของวัตถุ 102
6.3.5 การจำแนกประเภทของชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลัก 105
6.3.6 การกำหนดตำแหน่งมาตรการความปลอดภัยสำหรับเสาและคาน 106
6.3.7 การอ้างอิงตำแหน่งมาตรการความปลอดภัยสำหรับพื้น 109
6.3.8 การตรวจสอบการก่อสร้างผนังบนพื้น 112
6.3.9 การค้นหาพื้นที่อยู่ใต้ผนัง 117
6.3.10 การรื้อถอนมาตรการความปลอดภัย 117
6.3.11 การควบรวมการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยกับแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ 119
6.4 บทวิจารณ์ 121
6.5 บทสรุป 122
บทที่ 7 บทสรุป 124
7.1 การอภิปรายผลการวิจัย 124
7.1.1 การบ่งชี้ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยที่เป็นกฎหมาย 124
7.1.2 การปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัย 124
7.1.3 พัฒนาการของเทคนิค 4D CAD model และการปรับปรุง 125
7.1.4 การแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยด้วยเทคนิค 4D CAD model 126
7.2 สรุปผลการวิจัย 128
7.3 ข้อเสนอแนะ 129
เอกสารอ้างอิง 130
ภาคผนวก 133
ประวัตินักวิจัย 144

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แนวทางการพัฒนาวิธีการควบรวมข้อกำหนดความปลอดภัยกับแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ 8
รูปที่ 2.2 แผนภาพของขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 9
รูปที่ 3.1 โดมิโนสาเหตุของการเกิดอุบัติภัยของ Heinrich 11
รูปที่ 3.2 โดมิโนสาเหตุของอุบัติภัยของ Jim Howe 11
รูปที่ 3.3 ปัจจัยสำคัญ 2 ประการของการเกิดอุบัติเหตุ 12
รูปที่ 3.4 องค์ประกอบหลักของการบริหารความปลอดภัยให้ประสบผลสำเร็จ 31
รูปที่ 4.1 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 1 42
รูปที่ 4.2 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน โครงการก่อสร้างที่ 2 43
รูปที่ 4.3 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น โครงการก่อสร้างที่ 2 44
รูปที่ 4.4 ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตก หล่นและการพังทลาย โครงการก่อสร้างที่ 2 44
รูปที่ 4.5 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 2 45
รูปที่ 4.6 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน โครงการก่อสร้างที่ 3 46
รูปที่ 4.7 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น โครงการก่อสร้างที่ 3 46
รูปที่ 4.8 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 3 47
รูปที่ 4.9 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน โครงการก่อสร้างที่ 4 48
รูปที่ 4.10 ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตก หล่นและการพังทลาย โครงการก่อสร้างที่ 4 49
รูปที่ 4.11 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 4 49
รูปที่ 4.12 โครงการก่อสร้างที่ 5 50
รูปที่ 4.13 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล โครงการก่อสร้างที่ 5 50
รูปที่ 4.14 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน โครงการก่อสร้างที่ 5 51
รูปที่ 4.15 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น โครงการก่อสร้างที่ 5 51
รูปที่ 4.16 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 5 52
รูปที่ 4.17 โครงการก่อสร้างที่ 6 52
รูปที่ 4.18 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น โครงการก่อสร้างที่ 6 53
รูปที่ 4.19 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 6 53
รูปที่ 4.20 โครงการก่อสร้างที่ 7 54
รูปที่ 4.21 โครงการก่อสร้างที่ 8 55
รูปที่ 4.22 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล โครงการก่อสร้างที่ 8 55
รูปที่ 4.23 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล โครงการก่อสร้างที่ 9 56
รูปที่ 4.24 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน โครงการก่อสร้างที่ 9 57

รูปที่ 4.25 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น โครงการก่อสร้างที่ 9 57
รูปที่ 4.26 ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตก หล่นและการพังทลาย โครงการก่อสร้างที่ 9 58
รูปที่ 4.27 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 9 58
รูปที่ 4.28 ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตก หล่นและการพังทลาย โครงการก่อสร้างที่ 10 60
รูปที่ 4.29 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 10 60
รูปที่ 4.30 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร โครงการก่อสร้างที่ 11 61
รูปที่ 4.31 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 11 62
รูปที่ 4.32 กราฟความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่างค่า Logarithm ของมูลค่ากับค่าเฉลี่ยร้อยละความปลอดภัยของโครงการ 65
รูปที่ 4.33 กราฟความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่างค่าเฉลี่ยร้อยละความปลอดภัยจากแบบสอบถามประเภทที่ 1 และ 2 68
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยร้อยละจากแบบสอบถามที่ 1 กับอายุผู้บริหารและประสบการณ์ 68
รูปที่ 5.1 แผนภาพแบบแกนต์ชาร์ตของแผนงานก่อสร้าง 71
รูปที่ 5.2 ขั้นตอนทั่วไปในการสร้าง 4D CAD model 75
รูปที่ 5.3 การสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง AutoCAD และ MS Project ด้วยการใช้คุณสมบัติของวัตถุ 86
รูปที่ 5.4 ตัวอย่างแผนงานก่อสร้าง 4 มิติที่ปรับปรุงวิธีการแสดงผลภาพด้วยสีของวัตถุ 87
รูปที่ 5.5 ลำดับเวลารูป 1-4 ของแผนงานก่อสร้าง 4 มิติแสดงการเปลี่ยนแปลงสถานะการดำเนินงานของกิจกรรม 91
รูปที่ 5.6 ตัวอย่างแผนงานก่อสร้าง 4 มิติที่ปรับปรุงวิธีการแสดงผลการติดตามความก้าวหน้าของโครงการ 93
รูปที่ 6.1 ขั้นตอนวิธีการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับกลุ่มวัตถุสถานะกำลังดำเนินการ 99
รูปที่ 6.2 ขั้นตอนวิธีการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับกลุ่มวัตถุสถานะแล้วเสร็จ 100
รูปที่ 6.3 การคัดแยกวัตถุทั้งหมดออกตามกลุ่มสถานะการดำเนินการ 101
รูปที่ 6.4 ข้อมูลเรขาคณิตของวัตถุที่จำเป็นต้องใช้ 102
รูปที่ 6.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาข้อมูลเรขาคณิตของวัตถุ 3 มิติ 104
รูปที่ 6.6 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ข้อมูลเรขาคณิตของวัตถุ 3 มิติ 105
รูปที่ 6.7 ขั้นตอนการจำแนกประเภทชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลัก 106
รูปที่ 6.8 ขั้นตอนการสร้างขอบเขตมาตรการความปลอดภัยสำหรับเสาและคาน 108
รูปที่ 6.9 ผลลัพธ์การกำหนดขอบเขตมาตรการความปลอดภัยสำหรับเสาและคาน 109
รูปที่ 6.10 ขั้นตอนการสร้างขอบเขตมาตรการความปลอดภัยสำหรับพื้น 111
รูปที่ 6.11 ผลลัพธ์การกำหนดขอบเขตมาตรการความปลอดภัยสำหรับพื้น 112

รูปที่ 6.12 ตัวอย่างการทำ Midpoint Operation สำหรับพื้นและผนัง..... 114
รูปที่ 6.13 ขั้นตอนการตรวจสอบการก่อสร้างผนังบนพื้น 116
รูปที่ 6.14 ตัวอย่างการทำ Midpoint Operation สำหรับพื้นที่มีช่องเปิดและผนัง 117
รูปที่ 6.15 ขั้นตอนการค้นหาพื้นที่รองรับผนัง..... 117
รูปที่ 6.16 ขั้นตอนการรื้อถอนมาตรการความปลอดภัยสำหรับเสา คาน และพื้น 119
รูปที่ 6.17 ขั้นตอนโปรแกรมแผนงานก่อสร้าง 4 มิติที่ควบรวมกับโปรแกรมการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัย..... 121

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ค่าคะแนนความปลอดภัยจากแบบประเมินประเภทที่ 1 63
ตารางที่ 4.2 ค่าคะแนนร้อยละความปลอดภัยจากแบบประเมินประเภทที่ 1 63
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลรายละเอียดของผู้บริหารโครงการก่อสร้างตัวอย่าง..... 65
ตารางที่ 4.4 ค่าคะแนนความปลอดภัยจากแบบประเมินประเภทที่ 2 66
ตารางที่ 5.1 ตารางการเปรียบเทียบทางเทคนิคระหว่างซอฟแวร์ 4D CAD model (ที่มา: Heesom และ Mahdjoubi, 2004)..... 77
ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบความสามารถสื่อข้อมูลของรูปแบบแสดงแผนภาพต่าง ๆ 84
ตารางที่ 6.1 สรุปการดำเนินการพิจารณา Midpoint Operation สำหรับพื้นทั่วไป..... 115
ตารางที่ 6.2 สรุปการดำเนินการพิจารณา Midpoint Operation สำหรับพื้นที่มีช่องเปิด 115

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

อุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นงานที่อันตรายเมื่อเทียบกับธุรกิจประเภทอื่น ๆ ตามสถิติการก่อสร้างมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุมากกว่าอุตสาหกรรมโรงงานอย่างต่อเนื่องถึงหกเท่า (Ridley และ Channing, 2003) แม้ว่างานก่อสร้างจะมีมาตรการด้านความปลอดภัยต่าง ๆมากมายที่บัญญัติใช้เป็นกฎหมาย แต่อัตราการเกิดอุบัติเหตุในสถานที่ก่อสร้างก็ไม่ได้ลดลงอย่างน่าพอใจ อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในสถานที่ก่อสร้างนั้นส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บ ทุพพลภาพ หรือเสียชีวิต ของทั้งผู้ปฏิบัติงานโดยตรงหรือต่อสาธารณะที่อยู่ใกล้เคียงสถานที่ก่อสร้างนั้น อุบัติเหตุนอกจากจะส่งผลโดยตรงต่อชีวิตและสุขภาพแล้ว ยังมีผลกระทบเป็นค่าใช้จ่ายจำนวนมากของธุรกิจก่อสร้าง รวมทั้งสภาวะจิตใจของผู้ปฏิบัติงานทั้งหมด งานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องความปลอดภัยในงานก่อสร้างจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งและเร่งด่วนเพื่อเป็นการทำความเข้าใจถึงสาเหตุอย่างแท้จริงและหาแนวทางการแก้ปัญหาใหม่ ๆที่มีประสิทธิผลมากขึ้น เพื่อรักษาชีวิตและสุขภาพของผู้เกี่ยวข้องไม่ให้เกิดความสูญเสียไปมากกว่านี้

มีแนวคิดหนึ่งที่เสนอว่าการแก้ปัญหาควรเป็นแบบเชิงรุก คือขั้นตอนด้านความปลอดภัยควรมีการวางแผนไว้ล่วงหน้า และถูกรวมไว้ในแผนงานก่อสร้างหลัก โดยให้มองว่าเป็นกิจกรรมก่อสร้างประเภทหนึ่งอันจะทำให้งานด้านความปลอดภัยถูกดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรมชัดเจน และยังทำให้สามารถแก้ไขปรับปรุงหรือติดตามวัดผลการดำเนินงานด้านความปลอดภัยได้ งานวิจัยที่นำเสนอมีเป้าหมายเพื่อหาวิธีการนำแนวคิดนี้มาสู่การปฏิบัติอย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะหาวิธีการที่เหมาะสมในการวางแผนงานแบบใหม่ที่รวมเอาข้อกำหนดความปลอดภัย มาควบรวมกับเทคนิคการแสดงแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ ซึ่งจะทำให้สามารถวิเคราะห์โครงสร้างที่จะก่อสร้าง แนะนำกิจกรรมสนับสนุนและสร้างโมเดลโครงสร้างรองรับชั่วคราวอื่น ๆ ที่มีอยู่ในข้อกำหนดด้านความปลอดภัย ขึ้นโดยอัตโนมัติและอย่างเหมาะสม ซึ่งการวางแผนแบบใหม่นี้จะผนวกเอาข้อดีของเทคนิคการแสดงแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ ที่ช่วยเพิ่มความเข้าใจและประเมินความเป็นไปได้ของขั้นตอนการก่อสร้างตามข้อกำหนดเหล่านี้ การวางแผนด้วยวิธีใหม่นี้จะเป็นเครื่องมือช่วยวิเคราะห์และใช้จัดสรรทรัพยากรของโครงการไปเพื่อสร้างเสริมสภาพการทำงานที่ปลอดภัยให้กับคนงานก่อสร้าง โดยที่ยังสามารถควบคุมงานก่อสร้างหลักที่มีอยู่เดิม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สถานการณ์ความปลอดภัยในงานก่อสร้างของประเทศไทยนั้นมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสอดคล้องกับต่างประเทศ คือมากเป็นอันดับหนึ่ง รวมทั้งสิ้น 21,021 ราย (รวมทุกระดับความร้ายแรง ได้แก่ ตาย ทุพพลภาพ สูญเสียอวัยวะบางส่วน หยุดงานเกินสามวัน และหยุดงานไม่เกินสามวัน) จากสถิติกองทุนเงินทดแทนของสำนักงานประกันสังคมปี 2550 (SSO, 2008) เมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรมอื่น ๆในประเทศ อุตสาหกรรมก่อสร้างมีสถิติการตายประมาณร้อยละ 15 ทุพพลภาพร้อยละ 27 หรือแม้กระทั่งอุบัติเหตุที่ทำให้ต้องหยุดงานประมาณร้อยละ 10 แต่เมื่อพิจารณาสภาพการทำงานและความเคร่งครัดของการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของประเทศไทยโดยทั่วไปอยู่ในระดับต่ำกว่าประเทศที่พัฒนาแล้ว รวมทั้งจำนวนงานวิจัยเรื่องความปลอดภัยในสถานที่ก่อสร้างของประเทศไทยนั้นมีน้อยมาก โดย

อ้างอิงจากข้อมูลผลงานวิจัยในที่รวบรวมจากการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 9-12 ปรากฏว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวกับความปลอดภัยเพียง 6 เรื่องจากทั้งหมด 157 เรื่อง ดังนั้นจึงเป็นประเด็นที่งานวิจัยในประเทศควรหันมาให้ความสำคัญอย่างเร่งด่วน

โครงการวิจัยที่นำเสนอนี้จะนำไปสู่การช่วยลดอุบัติเหตุและลดความอันตรายในสถานที่ก่อสร้างได้ ส่งผลให้คุณภาพชีวิตของผู้ปฏิบัติงานในสถานที่ก่อสร้างดีขึ้น รวมทั้งยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจัดการกับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับชีวิตและสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ธุรกิจก่อสร้างสามารถลดต้นทุนที่เกิดขึ้นจากค่าชดเชยในอุบัติเหตุจะที่เกิดขึ้นได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

โครงการวิจัยจัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อริเริ่มและพัฒนาวิธีการ (Methodology) ที่เหมาะสมในการบูรณาการข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้าง ให้แสดงผลได้ด้วยเทคนิคการแสดงแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ อันจะนำไปสู่การตื่นตัว ให้ความสำคัญและไม่ละเลยขั้นตอนความปลอดภัย ในการวางแผนงานก่อสร้างอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้มีแนวทางที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. ประโยชน์ต่อธุรกิจก่อสร้าง ทำให้ขั้นตอนปฏิบัติด้านความปลอดภัยถูกรวมไว้ในแผนงานก่อสร้าง ได้รับการจัดสรรทรัพยากรให้อย่างเหมาะสม และทำให้สามารถวิเคราะห์ขั้นตอนการก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เกิดความตระหนักและเข้าใจถึงข้อกำหนดด้านความปลอดภัยที่มีอยู่ ทำให้เกิดความสนใจในการลดการเกิดอุบัติเหตุอันจะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายของธุรกิจก่อสร้างที่เกิดขึ้นจากค่าชดเชยในอุบัติเหตุจะที่เกิดขึ้นได้ ปรับปรุงชื่อเสียงในสายตาของประชาชนทั่วไปต่อธุรกิจก่อสร้างในแง่ของความอันตราย ยังสามารถทำให้เกิดความดึงดูดแรงงานที่มีคุณภาพใหม่ ๆ ให้สนใจเข้ามาทำงานในธุรกิจก่อสร้างมากขึ้น
2. ประโยชน์ของการเป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป ทำให้เกิดการพัฒนาต่อยอดเทคนิคการวางแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ ที่กำลังมีการวิจัยเพื่อนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ความเข้าใจถึงสาเหตุของปัญหาความปลอดภัยในสถานที่ก่อสร้างในด้านหนึ่งจากการวิเคราะห์แผนงานก่อสร้าง ส่งผลให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมหรือเทคโนโลยีใหม่ ๆที่สอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพข้อจำกัดของการปฏิบัติงานจริง
3. ประโยชน์ต่อการพิจารณาปรับปรุงหรือเพิ่มเติมข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในสถานที่ก่อสร้าง ทำให้รู้ถึงสภาพข้อจำกัด สามารถแก้ไขข้อกำหนดความปลอดภัยให้เหมาะสมได้และสามารถถูกนำมาปฏิบัติอย่างเคร่งครัดและตรงไปตรงมา
4. ประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติงาน (แรงงานในธุรกิจการก่อสร้าง) นำไปสู่การลดการเกิดอุบัติเหตุและอันตรายในสถานที่ก่อสร้าง ที่จะคุกคามชีวิตและสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ทำให้คนงานก่อสร้างมีคุณภาพชีวิตดีขึ้น

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ข้อกำหนดความปลอดภัยจะรวบรวมมาจากสิ่งที่กฎหมายบัญญัติและที่ระบุไว้ในสัญญาก่อสร้างทั่วไป โดยมุ่งเน้นข้อที่เป็นมาตรฐานเชิงรูปธรรมหรือมาตรการในการปฏิบัติงาน เช่น สิ่งก่อสร้างรองรับชั่วคราวและป้องกันอุบัติเหตุ รวมทั้งมาตรการต่าง ๆที่เกี่ยวกับการทำงานในที่สูงได้อย่างปลอดภัย

โครงการวิจัยจะทำการศึกษาเก็บรวมรวมข้อมูลของสภาพการปฏิบัติงานจริงในสถานที่ก่อสร้างตัวอย่างที่เลือกมาและมีความเหมาะสมสามารถใช้เป็นตัวแทนของธุรกิจการก่อสร้างของประเทศได้

1.5 แผนการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินโครงการนี้รวม 1 ปี และเพื่อที่จะดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย รายละเอียดงานของโครงการได้จัดแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน และมีรายละเอียดเพิ่มเติมได้นำเสนอในรูปแบบตารางเวลาชื่อ ตารางแผนงานวิจัย (Research Project Schedule) ดังนี้

1. ศึกษาเพื่อบ่งชี้ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยโดยทั่วไปที่มีอยู่ในบทบัญญัติทางกฎหมายหรือตามที่ระบุในสัญญาก่อสร้าง
2. วิเคราะห์หาความเคร่งครัดและความถูกต้องของการดำเนินการตามข้อกำหนดความปลอดภัยเหล่านั้นในสถานที่ก่อสร้าง(กรณีตัวอย่าง) รวมทั้งวิเคราะห์หาสาเหตุของความละเลยหรือการไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนด
3. ทบทวนพัฒนาการของเทคนิค 4D CAD model ที่มีอยู่ในปัจจุบัน
4. ริเริ่มและพัฒนาวิธีการที่เหมาะสม โดยง่ายและสะดวกกับการนำไปใช้จริง ในการควบรวมข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้าง ให้แสดงผลได้ด้วยเทคนิค 4D CAD model
5. สรุปผลที่ได้การศึกษา และการเขียนรายงาน

งานที่ 1 ศึกษาเพื่อบ่งชี้ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยโดยทั่วไป (Identification of Construction Safety Requirements)

เป้าหมายและวิธีการ: สืบค้นหาข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในโครงการก่อสร้างที่เป็นกฎหมายมาตรฐาน และที่ระบุไว้ในหนังสือสัญญาก่อสร้าง โดยพิจารณาข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับสิ่งก่อสร้างรองรับชั่วคราว เช่น นั่งร้าน ค้ำยัน ราวกันตก ฝาปิด ช่องทางเดิน บันไดและอุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุอื่น ๆ รวมทั้งขนาดและระยะมาตรฐานที่กำหนด แรงงานและระยะเวลาในการดำเนินการ และต้นทุนโดยประมาณ การเก็บข้อมูลที่เป็นหนังสือสัญญาก่อสร้างของโครงการต่าง ๆจะทำโดยเลือกกรณีศึกษา

ผลที่ได้: รายการและรายละเอียดของสิ่งก่อสร้างรองรับชั่วคราวที่มีในข้อกำหนดทั่วไป ซึ่งสำหรับใช้เป็นฐานข้อมูลในโครงการวิจัยต่อไป

ระยะเวลาดำเนินการ: 3 เดือน

งานที่ 2 วิเคราะห์หาความเคร่งครัดและความถูกต้องของการดำเนินการในสถานที่ก่อสร้าง(กรณีตัวอย่าง) รวมทั้งวิเคราะห์หาสาเหตุของความละเลยหรือการไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดเหล่านั้น (The Current Practice Analysis of Safety Requirements in Construction Site)

เป้าหมายและวิธีการ: เลือกกรณีศึกษาเป็นโครงการก่อสร้างที่กำลังดำเนินการ เพื่อการเก็บข้อมูลโดยการสังเกตการณ์ ตรวจเยี่ยมชม หรือสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องกับงานด้านความปลอดภัยของโครงการนั้น ๆ รวมทั้งการทบทวนความรู้หรืองานวิจัยอื่น ๆจากวรรณกรรมวารสารทางวิชาการ โดยความเคร่งครัดและความถูกต้องของการดำเนินการด้านความปลอดภัยนั้นจะต้องหาวิธีการเพื่อการตรวจวัดปริมาณ ต่อมาจึงรวบรวมประเด็นสาเหตุของความละเลยและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยง ทั้งนี้งานนี้จะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของบทความวรรณกรรมที่ใช้เป็นสมมติฐานของโครงการวิจัยนี้ด้วย

ผลที่ได้: ความเข้าใจสถานะของปัญหาในปัจจุบันและสาเหตุของความล้มเหลวของการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยในสถานที่ก่อสร้าง ซึ่งจะทำให้มองเห็นจุดและยุทธศาสตร์ที่จะใช้แก้ไขได้อย่างเหมาะสมกับสภาพความเป็นจริง งานเขียนสรุปประเด็นและเนื้อหาจากการวิเคราะห์ และข้อเสนอแนะเพื่อใช้ประกอบงานเขียนบทความเพื่อเผยแพร่ต่อไป

ระยะเวลาดำเนินการ: 5 เดือน

งานที่ 3 ทบทวนพัฒนาการของเทคนิค 4D CAD model (Review of the Development of 4D Visualization Technique)

เป้าหมายและวิธีการ: สืบค้นวารสาร หนังสือ หรือบทความการประชุมทางวิชาการที่มีอยู่ในห้องสมุดมหาวิทยาลัยต่าง ๆในประเทศ รวมทั้งวารสารวิชาการต่าง ๆที่เข้าถึงได้ด้วยอินเตอร์เน็ต อ่านและรวบรวมเพื่อทำความเข้าใจกับเทคนิคและประวัติพัฒนาการของเทคนิคที่จะใช้นี้

ผลที่ได้: คณะผู้วิจัยทุกคนเข้าใจเทคนิค 4D CAD model ที่มีอยู่ในปัจจุบัน รวมทั้งเห็นตัวอย่างแนวทางการประยุกต์ใช้เทคนิคในด้านต่าง ๆ คณะผู้วิจัยทุกคนอยู่ในสถานะที่พร้อมสำหรับการลงมือพัฒนาระบบต้นแบบ

งานเขียนสรุปประเด็นและเนื้อหาในสื่อที่อ่านเพื่อใช้ประกอบงานเขียนบทความเพื่อเผยแพร่ต่อไป

ระยะเวลาดำเนินการ: 5 เดือน

งานที่ 4 ริเริ่มและพัฒนาวิธีการที่เหมาะสม ในการควบรวมข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้าง ให้แสดงผลได้ด้วยเทคนิค 4D CAD model (Methodology Development)

เป้าหมายและวิธีการ: วิธีการวางแผนงานแบบใหม่จะถูกพัฒนาขึ้นจากองค์ความรู้ที่ได้จากงานในขั้นตอนที่ 1 2 และ3 โดยวิธีการจะถูกพัฒนาบนพื้นฐานข้อมูลตัวอย่างกรณีศึกษา การดำเนินการพัฒนาจะเป็นแบบหลายรอบ โดยมีการนำบางส่วนหรือแบบร่างไปทดสอบกับผู้ใช้งานเป็นระยะเพื่อรวบรวมข้อเสนอแนะที่ได้ มาใช้ปรับปรุงให้สมบูรณ์ที่สุด

ผลที่ได้: วิธีการวางแผนงานแบบใหม่ ที่พร้อมนำไปพัฒนาเป็นระบบต้นแบบต่อไปเพื่อทดลองใช้ในบริษัทก่อสร้างที่สนใจ

ระยะเวลาดำเนินการ: 5 เดือน

งานที่ 5 สรุปผลที่ได้การศึกษา และการเขียนรายงาน (Conclusions and Report Writing)

เป้าหมายและวิธีการ: จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ในการดำเนินงาน เอกสารอ้างอิงต่างๆ รวมทั้งบทวิเคราะห์และสร้างสรรค์ทั้งหมด จะถูกนำมาเขียนเป็นรายงานให้ได้เนื้อหาที่ครบถ้วนและเป็นลำดับ

ผลที่ได้: รายงานผลการดำเนินโครงการฉบับสมบูรณ์ และบทความทางวิชาการเพื่อเผยแพร่

ระยะเวลาดำเนินการ: 2 เดือน

ตารางแผนงานวิจัย **(RESEARCH PROJECT SCHEDULE)**

ID	Task Name	Duration	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Identification of Construction Safety Requirements	3 mths.												
2	Current Practice Analysis of Safety Requirements in Construction Site	5 mths.												
3	Review of the Development of 4D Visualization Technique	5 mths.												
4	Methodology Development	5 mths.												
5	Conclusions and Report Writing	2 mths.												

1.6 ผู้รับผิดชอบโครงการ

หัวหน้าโครงการวิจัย

ดร. วชรภูมิ เบญจโอฬาร สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 กรอบแนวคิด

โครงการวิจัยนี้มีสมมติฐานที่ว่า ความคิดเรื่องความปลอดภัยในการทำงานเป็นเรื่องที่ทั้งผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานมีผลประโยชน์ร่วมกัน ความจำเป็นในการสร้างสภาพการทำงานที่ปลอดภัยเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดอุบัติเหตุ อันจะเป็นการป้องกันชีวิตและทรัพย์สินของทุกฝ่ายเป็นสิ่งที่เข้าใจและยอมรับได้ ผู้ประกอบการก่อสร้างมีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงที่จะต้องทำให้เกิดสภาพการทำงานที่ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานในความดูแลรวมทั้งต่อบุคคลทั่วไป โดยที่ผู้ประกอบการมีสิ่งกระตุ้นการกระทำ 3 ปัจจัยคือ ความรู้สึกรับผิดชอบทางมนุษยธรรม ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ และข้อบังคับตามกฎหมาย

ในสภาพการทำงานจริงที่มีการละเลยการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยต่าง ๆ การปฏิบัติไม่ครบถ้วน การปฏิบัติไม่ถูกต้อง หรือการปฏิบัติอย่างไม่เคร่งครัด นั้นต้องมีสาเหตุอยู่เบื้องหลังและต้องมีข้อจำกัดบางประการของผู้ประกอบการที่ทำให้เกิดอุปสรรคในการปฏิบัติตาม ซึ่งความเข้าใจถึงสาเหตุ อุปสรรค และข้อจำกัดเหล่านี้จะเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการแก้ปัญหาความอันตรายและการเกิดอุบัติเหตุในสถานที่ก่อสร้างอย่างมีประสิทธิผล

ความสำคัญของการนำกิจกรรมเพื่อความปลอดภัยตามข้อกำหนดมาพิจารณาเป็นส่วนหนึ่งในแผนงานก่อสร้าง จากการวางแผนทั่วไปที่พิจารณาเฉพาะกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับตัวเนื้องานก่อสร้างโดยตรงเป็นหลักการที่ช่วยให้ทรัพยากรโครงการถูกจัดสรรไปให้กับกิจกรรมเพื่อความปลอดภัยเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้ถูกวางลำดับและให้เวลาปฏิบัติงานอย่างเหมาะสม อันจะช่วยลดต้นทุนในการดำเนินกิจกรรมลง และช่วยให้มาตราการความปลอดภัยถูกปฏิบัติตามอย่างมีประสิทธิผล สามารถลดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างลงได้

ในการประยุกต์ใช้หลักการนำกิจกรรมความปลอดภัยมาสู่การวางแผนงานดังกล่าว เทคนิค 4D CAD model มีศักยภาพที่จะเป็นทางแก้ปัญหาสาเหตุของความอันตรายในสถานที่ก่อสร้าง โดยเป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผนและวิเคราะห์ขั้นตอนการก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำให้มีการจัดสรรทรัพยากรเพื่อขั้นตอนงานด้านความปลอดภัยอย่างเหมาะสม รวมทั้งยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยให้กับผู้ปฏิบัติงานหรือผู้เกี่ยวข้องได้เกิดความเข้าใจและตระหนักถึงความสำคัญของการปฏิบัติตามข้อกำหนดเหล่านั้น

เพื่อให้สามารถดำเนินการวิจัยได้บรรลุกับวัตถุประสงค์ของโครงการ จึงกำหนดใช้วิธีดำเนินวิจัยออกเป็น 3 ลักษณะคือการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง การศึกษาสำรวจแนวทางปฏิบัติของโครงการก่อสร้างในประเทศ และการพัฒนาวิธีการใหม่เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพตามลำดับ การทำความเข้าใจกับข้อมูลและการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องจะเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการวิจัย และเพื่อให้เข้าใจสภาพปัญหาที่แท้จริงโดยเฉพาะเจาะจงกับกรณีในประเทศ จึงต้องมีการศึกษาสำรวจโครงการก่อสร้างต่าง ๆ จึงสามารถนำไปสู่การพัฒนาวิธีการใหม่ที่เป็นเป้าหมายหลักของการวิจัยนี้ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งรายละเอียดในแต่ละส่วนกล่าวไว้ในหัวข้อถัดไปตามลำดับ

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลและทำความเข้าใจ โดยการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ แบ่งออกเป็นสองส่วนหลักคือ ข้อมูลเกี่ยวกับข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้าง และข้อมูลของเทคโนโลยี 4D CAD model ที่มีอยู่ โดยมีแหล่งในการค้นคว้าดังนี้ ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยทั่วไปที่มีอยู่ในบทบัญญัติทางกฎหมายต่าง ๆ มาตรฐานของวิชาชีพที่ออกโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย หรือตามที่ระบุในสัญญาก่อสร้างต่าง ๆ ส่วนการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการของเทคนิค 4D CAD model ที่มีอยู่ในปัจจุบัน รวมถึงการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากเทคนิคนี้ในด้านต่าง ๆ ได้จากบทความ วารสารทางวิชาการระดับนานาชาติที่อ้างอิงได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นการสนับสนุนต่อยอดการวิจัยไม่ให้เกิดการวิจัยที่ซ้ำซ้อน โดยรายละเอียดของข้อมูลทั้งสองส่วนได้นำเสนอแยกไว้ในบทที่ 3 คือข้อกำหนดและการบริหารความปลอดภัยในงานก่อสร้าง และบทที่ 5 คือเทคนิคการแสดงแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ

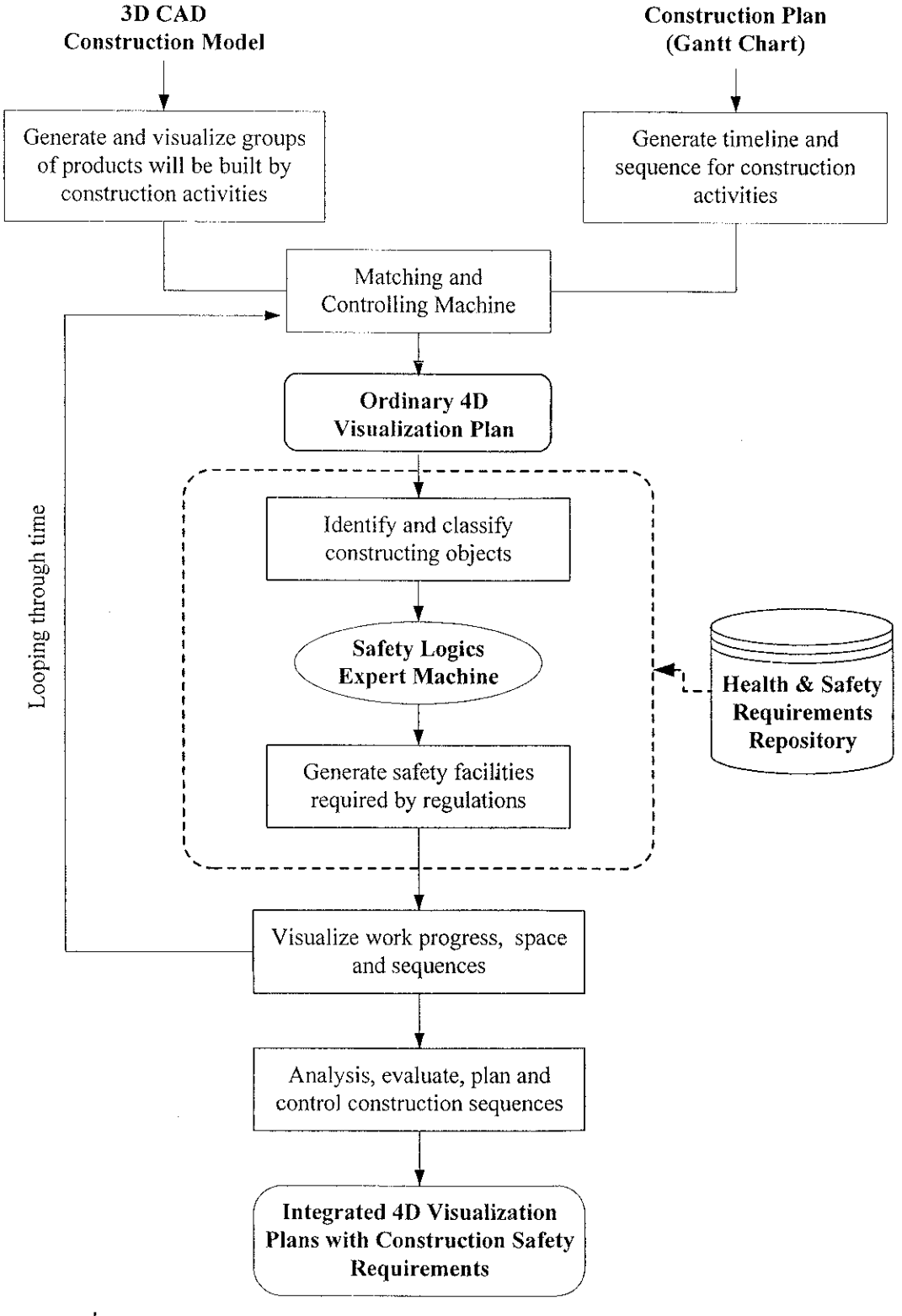
2.3 การศึกษาสำรวจ

การศึกษาสำรวจสภาพการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยของบริษัทก่อสร้าง โดยการหากรณีศึกษาเป็นโครงการก่อสร้างที่กำลังดำเนินการเพื่อทำการสำรวจและเก็บข้อมูล ด้วยการสังเกตการณ์ภายในสถานที่ก่อสร้างจริง การสัมภาษณ์คนงานแบบคำถามทั่วไป และการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการแบบเตรียมประเด็นคำถาม เพื่อประเมินถึงสภาพความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน ทัศนะคติต่อความปลอดภัย ความเคร่งครัดและความถูกต้องของการดำเนินการตามข้อกำหนดความปลอดภัยเหล่านั้น รวมทั้งหาสาเหตุของความละเลยหรือการไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดต่าง ๆ เพื่อเกิดความเข้าใจต่อสภาพปัญหาที่แท้จริงและเป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาด้วยเทคนิค 4D CAD model ให้สอดคล้องเหมาะสม และเกิดความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้จริง ขอบเขตของการสำรวจนั้นเป็นแบบกรณีศึกษาที่คัดเลือกโดยเจาะจงตามความเหมาะสมและความร่วมมือที่ได้ ไม่เป็นแบบสุ่ม และผลของการศึกษาสำรวจจะเป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบงานวิจัยนี้ โดยผลที่ได้จากศึกษาสำรวจได้นำเสนอไว้ในบทที่ 4 เรื่องการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัย

2.4 การพัฒนาวิธีการแสดงผล

พัฒนาวิธีการที่เหมาะสม ซึ่งง่ายและสะดวกกับการนำไปใช้จริง ในการควบรวมข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้าง ให้แสดงผลได้ด้วยเทคนิค 4D CAD model โดยการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากขั้นตอนต่าง ๆข้างต้น มาสังเคราะห์ บูรณาการ และสร้างสรรค์วิธีการขึ้นมาใหม่ รูปที่ 2.1 แสดงหลักการทั่วไปในการควบรวมข้อกำหนดด้านความปลอดภัยกับเทคนิค 4D CAD model โดยที่ในขั้นตอนการแสดงผลแผนงาน 4 มิติของแต่ละจุดเวลานั้น จะถูกแทรกด้วยขั้นตอนการแสดงผลข้อกำหนดความปลอดภัยที่เหมาะสม ณ จุดเวลาหรือความก้าวหน้าของโครงการนั้น ซึ่งจะเป็นไปอย่างอัตโนมัติตามกฎการแสดงผลที่สร้างขึ้น จากการวิเคราะห์ความก้าวหน้าที่เกิดขึ้น ณ ขณะนั้นและค้นหาอ้างอิงกับข้อกำหนดความปลอดภัยที่เตรียมไว้เป็นแหล่งข้อมูล และข้อกำหนดความปลอดภัยนี้จะเปลี่ยนแปลงแบบพลวัตรไปสอดคล้องไปตามความก้าวหน้าหรือจุดเวลาที่เปลี่ยนไปตามรอบการวนลูปของโปรแกรมหลัก

รายละเอียดของแนวคิดที่พัฒนาขึ้นนี้ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 6 เรื่องการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยด้วยแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ

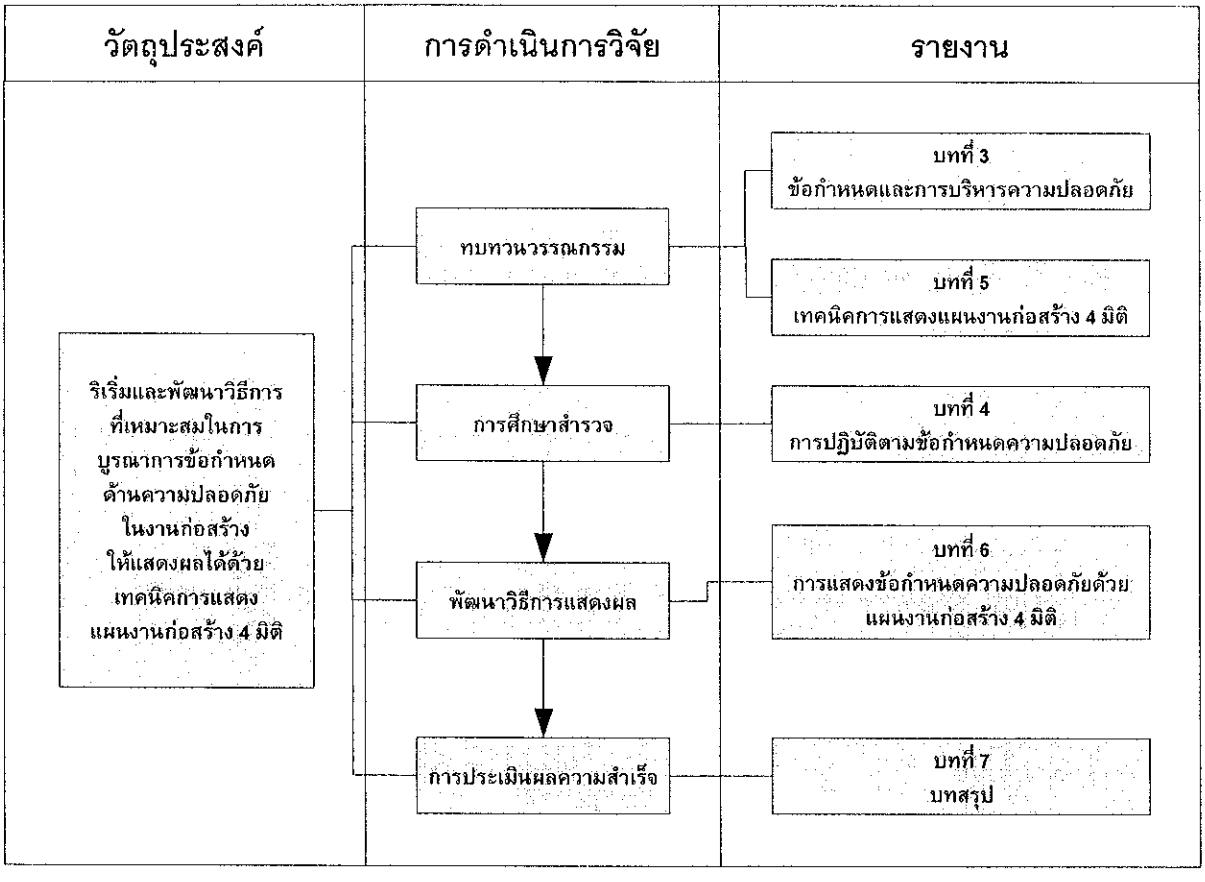


รูปที่ 2.1 แนวทางการพัฒนาวิธีการควบรวมข้อกำหนดความปลอดภัยกับแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ

2.5 การประเมินผลความสำเร็จ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเบื้องต้น ทดลองกับโจทย์ตัวอย่างที่สร้างขึ้น เพื่อยืนยันความเป็นไปได้ในการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบต่อไป ผลของงานวิจัยนี้จะเป็นแนวคิดของวิธีการ (Methodology) เพื่อการนำไปพัฒนาโปรแกรมต้นแบบ ความสำเร็จของงานวิจัยจะประเมินจากผลลัพธ์ของการทดลองใช้แนวคิดของวิธีการที่สร้างขึ้นกับตัวอย่างที่เตรียมไว้ รายละเอียดของการอภิปรายผลจากการวิจัยและการสรุปผลได้นำเสนอไว้ในบทสุดท้ายของรายงานคือบทที่ 7 บทสรุป

ความเชื่อมโยงของการดำเนินการวิจัยนี้ได้แสดงไว้ในรูปภาพข้างล่างนี้ โดยที่วัตถุประสงค์ของการวิจัยได้นำมาใช้ในการกำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ซึ่งผลจากการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนต่าง ๆได้ถูกนำมาเรียบเรียงเป็นรายงานการวิจัย



รูปที่ 2.2 แผนภาพของขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

บทที่ 3 ข้อกำหนดและการบริหารความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

3.1 ทฤษฎีอุบัติภัย

นิยามของคำศัพท์ที่สำคัญในบทนี้ ได้แก่ "อุบัติภัย" (accidents) หมายถึง ปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่คาดคิดและไม่ได้วางแผนไว้ เป็นเหตุให้มีการบาดเจ็บแก่บุคคล หรือทำให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สิน หรือทำให้เกิดความสูญเสียใด ๆ แก่ส่วนรวม บางครั้งใช้คำว่า "อุบัติเหตุ" ในความหมายเดียวกันนี้

"ความอันตราย" (hazards) หมายถึง สภาพทางกายภาพที่ไม่ปลอดภัยต่อชีวิต สุขภาพ หรือทรัพย์สิน

"การทำงานอย่างปลอดภัย" คือ การทำงานที่ไม่มีอุบัติเหตุ ไม่เกิดการบาดเจ็บ ไม่เป็นโรคภัยไข้เจ็บอันเนื่องมาจากการทำงาน ทำงานได้อย่างมีสวัสดิภาพ อย่างมีประสิทธิภาพทั้งกายและจิตใจ

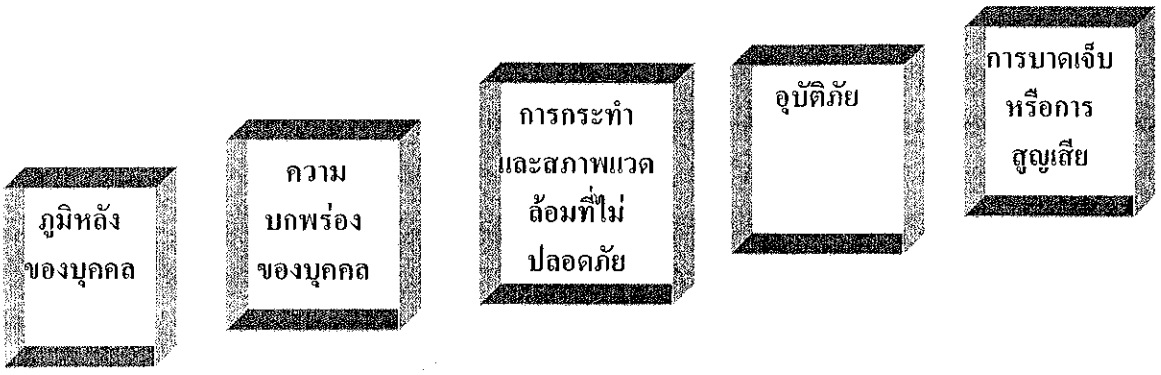
3.1.1 การเกิดขึ้นของอุบัติภัย

ทฤษฎีโดมิโนของ Heinrich (1959) ได้ทำการวิจัยพบว่า 88%ของอุบัติภัย มีสาเหตุเกิดมาจากตัวบุคคล อีก 12%เกิดจาก acts of God (ไม่สามารถหลีกเหลี่ยงได้) ดังนั้นเขาจึงมุ่งเน้นที่สาเหตุจากพฤติกรรมของบุคคล และได้อธิบายการเกิดการบาดเจ็บหรือสูญเสียต่อร่างกายและทรัพย์สินใด ๆจากอุบัติภัย มีสาเหตุที่มาเป็นลำดับที่ต่อเนื่องกัน 5 ประการ ดังลักษณะของโดมิโน 5 ชิ้นวางเรียงต่อกัน หากโดมิโนชิ้นใดล้มลง (บกพร่อง) จะเป็นสาเหตุให้เกิดเหตุการณ์ลำดับต่อมา ถ้ากำจัดโดมิโนตัวหนึ่งได้จะขัดขวางกระบวนการเกิดอุบัติภัยได้ โดมิโนทั้ง 5 นี้ได้แก่ ภูมิหลังทางสังคมของบุคคล, ความบกพร่องของบุคคล, การกระทำและสภาพที่ไม่ปลอดภัย, อุบัติภัย, และความสูญเสียและการบาดเจ็บ แสดงในรูปที่ 3.1

ภูมิหลังทางสังคมของบุคคล คือ สภาพแวดล้อมการอบรมเลี้ยงดูจากครอบครัวของบุคคลนั้น ที่หล่อหลอมพฤติกรรมและบุคลิกเฉพาะของแต่ละบุคคล ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของโดมิโนตัวที่สอง

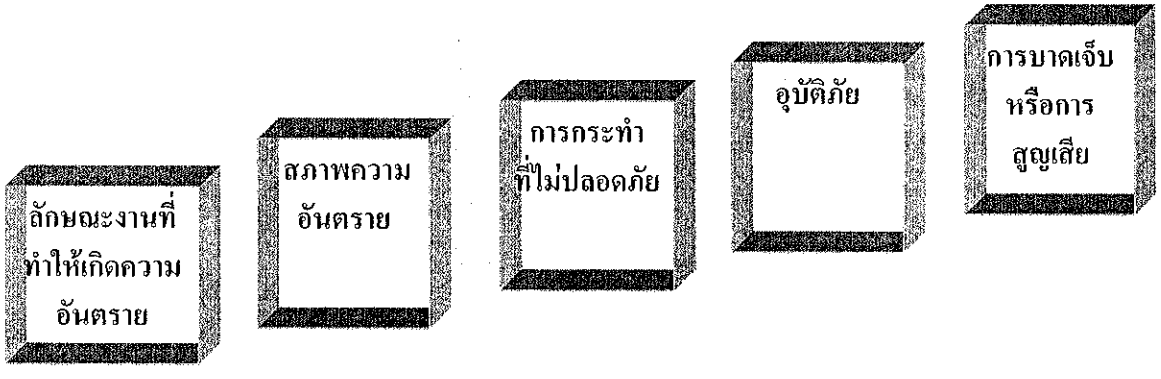
ความบกพร่องของบุคคล มุ่งไปที่บุคลิกของคนงานที่ไม่พึงประสงค์ เช่น ความดื้อรั้น อารมณ์ร้อน ความสะเพร่า ความประมาท ทัศนะคติที่ไม่ดี การขาดความรู้ความเข้าใจและความชำนาญ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่นำไปสู่โดมิโนตัวที่สาม

การกระทำและสภาพที่ไม่ปลอดภัย เป็นปัจจัยสำคัญที่ Heinrich ชี้ว่าเป็นตัวที่จะต้องกำจัดออกไปเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติภัย การกระทำได้แก่ การใช้งานเครื่องจักรโดยไม่เปิดสัญญาณเตือน การไม่ติดตั้งราวกันตก



รูปที่ 3.1 โดมิโนสาเหตุของการเกิดอุบัติภัยของ Heinrich

ทฤษฎีโดมิโนของ Heinrich (1959) ได้ถูกนำไปใช้อ้างอิงอย่างกว้างขวาง อันเนื่องมาจากความชัดเจนเข้าใจง่ายของโมเดล มีการมุ่งประเด็นไปที่สาเหตุปัจจัยตัวการที่จะต้องแก้ไขเพื่อหยุดยั้งการเกิด และยังได้มุ่งการกล่าวโทษไปที่ตัวของคนงาน ซึ่งพ้นไปจากตัวผู้บริหาร อย่างไรก็ตาม Howe (1988) ได้วิจารณ์ทฤษฎีนี้ว่าได้มุ่งประเด็นการป้องกันอุบัติภัยไปที่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมคนงาน โดยที่ไม่ได้จัดการกับสภาพสิ่งแวดล้อมในการทำงาน เขาจึงได้เสนอทฤษฎีโดมิโนอันใหม่โดยมุ่งเน้นที่ปัจจัยสาเหตุสำคัญจากสภาพความอันตราย และปัจจัยสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ทำให้เกิดสภาพความอันตราย การหยุดยั้งการเกิดอุบัติภัยจึงควรให้ความสำคัญกับการใช้ทางวิศวกรรมเพื่อให้สภาพการทำงานปราศจากความอันตรายให้มากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 โดมิโนสาเหตุของอุบัติภัยของ Jim Howe

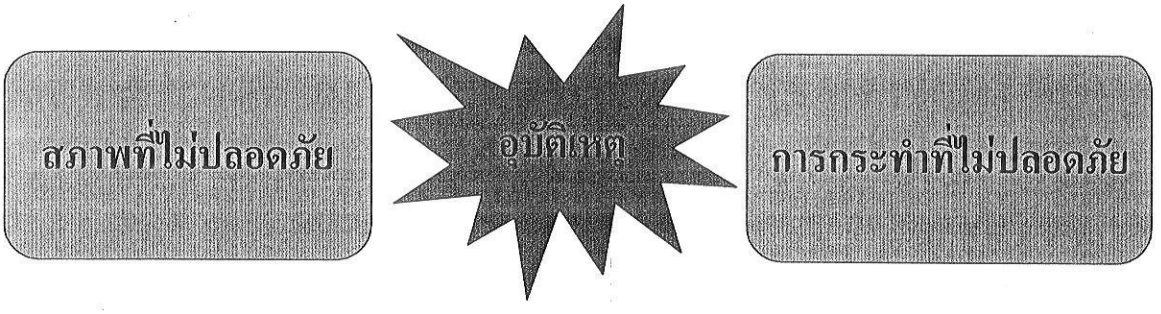
จากทฤษฎีทั้งสองอาจสรุปได้ว่า อุบัติภัยเป็นผลที่เกิดมาจาก การกระทำที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe activities) และ สภาพที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe conditions) ซึ่งทั้งสองปัจจัยสาเหตุหลักสามารถควบคุมได้โดยผู้บริหารโครงการ (Holt, 2005)

การกระทำที่ไม่ปลอดภัย ได้แก่ การใช้เครื่องมือเครื่องจักรผิดวิธีหรือผิดวัตถุประสงค์หรือเกินขนาด การถอดอุปกรณ์ป้องกันออกจากเครื่อง การใช้เครื่องมือที่สภาพไม่สมบูรณ์ การไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล การฝ่าฝืนเข้าไปในพื้นที่ที่อันตรายโดยไม่ได้รับอนุญาตหรือฝ่าฝืนสัญญาณเตือน ความประมาทคึกคะนอง สภาพกายใจที่ไม่สมบูรณ์หรือขาดสติ เหล่านี้คือความบกพร่องที่มาจากตัวบุคคลเอง

สภาพที่ไม่ปลอดภัย ได้แก่ ราวกันตกที่ไม่เหมาะสมหรือไม่ติดตั้ง เครื่องมือและเครื่องจักรที่ออกแบบไม่ดีหรือมีสภาพไม่สมบูรณ์ ความไม่เป็นระเบียบและสกปรกของสถานที่ เสียงดังเกิน มีแสงสว่าง

ไม่เพียงพอ กองเก็บวัตถุไวไฟ สภาพที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe conditions) นี้มีความหมายใกล้เคียงกับความอันตราย (Hazards) นั้นเอง

นอกจากการเกิดอุบัติภัยมีปัจจัยสาเหตุหลักมาจากทั้งสองประการแล้ว ยังต้องอาศัยโอกาสหรือความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ด้วย นั่นคือความเสี่ยง (Risk) คือ โอกาสหรือความน่าจะเป็นของการเกิดความสูญเสีย ถึงแม้ว่าในสถานการณ์หนึ่งจะมีปัจจัยสาเหตุครบทั้งสองอย่าง แต่อุบัติภัยอาจไม่เกิดขึ้นเป็นเพียงเกือบจะเกิดที่เรียกว่า near miss ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ปัจจัยสำคัญ 2 ประการของการเกิดอุบัติเหตุ

Holt (2005) กล่าวว่า ทั้งสองปัจจัยสาเหตุนี้เป็นสาเหตุปฐมภูมิของอุบัติภัย (primary causes) เนื่องจากมีส่วนโดยตรงและปรากฏอยู่ในจังหวะของการเกิดอุบัติภัย ส่วนสาเหตุทุติยภูมิ (secondary causes) คือความบกพร่อง ล้มเหลวของการบริหารควบคุมการทำงาน ได้แก่ ความจำกัดของเงินทุน ขาดความเอาใจใส่ ไม่มีการกำหนดนโยบาย ไม่มีมาตรฐานการทำงาน ไม่มีความรู้หรือข้อมูล ไม่มีการฝึกอบรมพนักงาน ไม่มีการวางแผนงานและคำแนะนำในการทำงาน

3.2 ประเภทของความอันตรายในงานก่อสร้าง

กิจกรรมในงานก่อสร้างนั้นมีหลากหลายประเภทซึ่งเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับสิ่งต่าง ๆที่อาจเป็นแหล่งของความอันตรายที่อยู่ในบริเวณการก่อสร้างนั้น MacCollum (2007) ได้กำหนดแบ่งประเภทของความอันตรายในงานก่อสร้างตามแหล่งที่มาไว้ 7 แหล่งดังนี้

1. สภาพโดยธรรมชาติ (Natural environment hazards) คือ ความอันตรายที่เกิดจากกฎธรรมชาติ แรงโน้มถ่วงเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุได้แก่ การตกจากที่สูง วัตถุตกหล่นใส่ ลื่นล้ม, สภาพภูมิอากาศ, ขีดจำกัดของความสามารถมนุษย์ ได้แก่ ความเหนื่อยล้า ความผิดพลาด ความแข็งแรง สติสมาธิ

2. โครงสร้างและเครื่องกล (Structural/mechanical hazards) ได้แก่ พื้นผิว ลิ่ม ล้อหมุน เคลื่อนที่ไป-กลับ การบีบอัด การสั่นสะเทือน ความดันอากาศ ไฮดรอลิค ความเร็ว พื้นที่คับแคบ การเข้าถึง เศษวัสดุ

3. ไฟฟ้า (Electrical hazards) ได้แก่ ไฟดูด ความร้อน

4. สารเคมี (Chemical hazards) ได้แก่ ระเบิด กัดกร่อน เป็นพิษ ระคายเคือง

5. รังสี (Radiant energy hazards) ได้แก่ คลื่นความร้อน รังสีอัลตร้าไวโอเล็ต รังสีเอ็กซ์ นิวเคลียร์

6. ชีวภาพ (Biological hazards) ได้แก่ รา แบคทีเรีย ไวรัส

7. ระบบอัตโนมัติ (Automated systems hazards) ได้แก่ ความผิดพลาดของโปรแกรม การทำงานผิดพลาด

งานก่อสร้างนั้นมีความซับซ้อน ประกอบไปด้วยกิจกรรมมากมายหลากหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทของกิจกรรมเป็นแหล่งของความอันตรายประเภทต่าง ๆ Hughes และ Ferrett (2005) ได้แบ่งประเภทความอันตรายตามลักษณะประเภทของกิจกรรมก่อสร้างในงานก่อสร้างออกเป็น

1. อันตรายจากการทำงานบนที่สูง (Working at height) พลัดตก วัสดุร่วงหล่น

2. อันตรายจากงานขุดดินและพื้นที่แคบอับอากาศ (Excavation work and confined spaces) หลุมพังทลาย วัสดุร่วงใส่ น้ำท่วม พลัดตกหลุม หายใจไม่ออก ขาดออกซิเจน ความร้อน เชื้อโรค

3. อันตรายจากงานรื้อถอน (Demolition hazards) วัสดุกระเด็น ร่วงทับ เสียง ความสั่นสะเทือน

4. อันตรายจากการเคลื่อนที่ของบุคคลและเครื่องยนต์ (Movement of people and vehicles) ลื่น หกล้ม พลัดตก ชน กระแทก บีบอัด ทับ

5. อันตรายจากเครื่องจักร (Work equipment hazards) บีบอัด บด เฉือน ตัด เจาะ ส่วนที่หมุน ดูด กระเด็นเข้าตา

6. อันตรายจากการยกของหนักทั้งด้วยคนและเครื่องกล (Manual and mechanical handling hazards) หลังยอก มือพองถลอก กล้ามเนื้ออักเสบ เครนพลิกคว่ำ ของร่วงหล่น กระแทก

7. อันตรายจากไฟฟ้า (Electrical hazards) ไฟฟ้าดูด รอยไหม้ ไฟไหม้ ระเบิด ประกายไฟ

8. อันตรายจากเพลิงไหม้ (Fire hazards) ขาดออกซิเจน ความร้อน เปลวเพลิง ควัน แรงระเบิด โครงสร้างพังทลาย

9. อันตรายจากสารเคมีและเชื้อโรค (Chemical and biological health hazards) ฝุ่นผง ของเหลว ก๊าซ รา แบคทีเรีย ไวรัส

10. อันตรายจากขีดความสามารถทางกายภาพและทางจิตใจของมนุษย์ (Physical and psychological health hazards) เสียง รังสี ความร้อน ฝุ่น ความเครียด ความล้า ความขาดสติ เมา

3.3 ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

กฎหมายที่กำหนดความปลอดภัยในงานก่อสร้างโดยหลักแล้วมีอยู่สองส่วนคือ ประกาศกระทรวงมหาดไทย และกฎกระทรวงภายใต้ พรบ.คุ้มครองแรงงาน 2541 ซึ่งเป็นกฎหมายที่ใช้คุ้มครองสวัสดิการเกี่ยวกับสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยสำหรับลูกจ้างทั่วไปไม่จำกัดประเภทของธุรกิจ โดยสามารถนำมาบังคับใช้ควบคุมสภาพและลักษณะการทำงานก่อสร้างที่มีความอันตรายสูง เช่น งานตอก

เสาเข็ม งานปั้นจั่น ลิฟท์ขนส่งชั่วคราว นั่งร้าน การทำงานบนที่สูง อัคคีภัย ไฟฟ้า สารเคมี เขตพื้นที่ก่อสร้าง เสียงดัง แสงสว่าง ความร้อน การแบกหามของหนัก งานประดาน้ำ งานในที่อับอากาศ และยังมีมาตรฐานวิชาชีพที่ได้ถูกกำหนดโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยเผยแพร่ในหนังสือเรื่องมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับงานก่อสร้างอาคาร (1003-18) นอกจากข้อกำหนดเหล่านี้แล้วในโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่มักให้ความสำคัญต่อมาตรการความปลอดภัยในสถานที่ก่อสร้างโดยให้อยู่ในความรับผิดชอบของผู้รับเหมาหลักเป็นผู้ดูแลและปฏิบัติ โดยกำหนดเป็นข้อกำหนดทั่วไปในรายการประกอบแบบก่อสร้างที่เป็นส่วนหนึ่งของสัญญาก่อสร้าง

3.3.1 ประกาศกระทรวงมหาดไทย ตามประกาศคณะปฏิวัติฉบับที่ 103 (2515)

ประกาศกระทรวงมหาดไทยฯ ที่กำหนดสวัสดิการเกี่ยวกับสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยสำหรับลูกจ้างทุกประเภทไว้ มีเหลืออยู่ทั้งสิ้น 12 ฉบับ (มีการประกาศยกเลิกบางฉบับ) และที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างนั้นพิจารณาแล้วมีอยู่ 9 ฉบับ มีเนื้อหาโดยสรุปดังต่อไปนี้

1. ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล

- นายจ้างจัดให้ลูกจ้างสวมเครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามลักษณะของงาน เช่น หมวก ถุงมือ แว่นตา หน้ากาก เครื่องป้องกันเสียง รองเท้ายางหุ้มส้น รองเท้าหนังปลายโลหะ
- ดูแลให้สวมใส่แต่งกายในเรียบร้อยรัดกุม รวบผม เครื่องประดับ
- เครื่องจักรที่มีเพลา สายพาน ต้องมีตะแกรงเหล็กเหนียวครอบส่วนที่หมุนได้และส่วนส่งถ่ายกำลังให้มิดชิด
- เครื่องจักรที่ใช้เป็นเครื่องลับ ฝน หรือแต่งผิวโลหะ ต้องมีเครื่องปิดบังประกายไฟหรือเศษวัตถุในขณะใช้งาน
- ใบเลื่อยวงเดือนต้องมีที่ครอบใบเลื่อยส่วนที่สูงเกินกว่าพื้นโต๊ะหรือแท่น
- ให้นายจ้างจัดทำรั้ว คอกกั้น หรือเส้นแสดงเขตอันตราย ณ ที่ตั้งของเครื่องจักรหรือเขตที่เครื่องจักรทำงานที่อาจเป็นอันตราย

2. ความปลอดภัยเกี่ยวกับไฟฟ้า

- ให้นายจ้างจัดให้มีป้ายเตือนอันตรายติดตั้งในบริเวณที่จะเกิดอันตรายจากไฟฟ้าให้เห็นได้อย่างชัดเจน
- นายจ้างต้องจัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า เช่น ถุงมือยาง แขนเสื้อยาง ถุงมือหนัง แผ่นยาง ผ้าห่มยาง ฉนวนคลอบลูกถ้วย ฉนวนหุ้มสาย หมวกแข็งกันไฟฟ้า ฯลฯ ให้แก่ลูกจ้างที่จะปฏิบัติเกี่ยวกับงานไฟฟ้าตามความเหมาะสมของงาน ในเมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านั้นมีแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 50 โวลท์
- ห้ามมิให้นายจ้างให้ลูกจ้างเข้าใกล้ หรือนำสิ่งที่เป็นตัวนำซึ่งไม่มีที่ถือเป็นฉนวนอย่างดีหุ้มอยู่เข้าใกล้สิ่งที่มีไฟฟ้าน้อยกว่าระยะห่างที่กำหนดไว้ในตาราง

ระดับแรงดันไฟฟ้าจากสายถึงสาย (กิโลโวลท์)	ระยะห่าง (เมตร)
2.1 ถึง 15	0.65
15.1 ถึง 35	0.75
35.1 ถึง 46	0.80
46.1 ถึง 72.5	0.95
72.6 ถึง 121	1.05
138 ถึง 145	1.10
161 ถึง 169	1.15
230 ถึง 242	1.55
345 ถึง 362	2.15
500 ถึง 552	3.35
700 ถึง 765	4.60

3. ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยลิฟท์ขนส่งชั่วคราว

- ลิฟท์ที่มีความสูงเกินเก้าเมตร นายจ้างจะต้องจัดให้มีผู้ที่ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรม ควบคุม สาขาวิศวกรรมโยธา จาก ก.ว. เป็นผู้ออกแบบและคำนวณโครงสร้าง
- ให้มีผู้ที่ได้รับการฝึกอบรมการใช้ลิฟท์มาแล้วเท่านั้น ทำหน้าที่บังคับลิฟท์ประจำตลอดเวลาที่ใช้ลิฟท์
- ห้ามมิให้บุคคลใดใช้ลิฟท์ขึ้นลงอย่างเด็ดขาด เว้นแต่ในกรณีตรวจสอบหรือซ่อมแซมลิฟท์
- ติดป้ายบอกพิกัดน้ำหนักบรรทุกไว้ที่ลิฟท์ให้เห็นได้ชัดเจน
- ในกรณีที่นายจ้างใช้ลิฟท์ในการทำงานก่อสร้าง ห้ามมิให้ใช้ลิฟท์ที่มีลักษณะใช้กระป๋องหรือภาชนะอื่นที่คล้ายกัน เกี่ยวหรือเกาะเคลื่อนย้ายพร้อมกับสายพาน ลวด หรือเชือก แทนตัวลิฟท์ในงานก่อสร้าง

4. ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน

- การทำงานก่อสร้างซึ่งมีความสูงเกิน 2.00 เมตรขึ้นไป นายจ้างต้องจัดให้มีนั่งร้านสำหรับการก่อสร้างงานนั้น
- นั่งร้านเสาเรียงเดี่ยวที่สูงเกิน 7.00 เมตรขึ้นไป หรือนั่งร้านที่สูงเกิน 21.00 เมตรขึ้นไป น จ้างต้องจัดให้ผู้ที่ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามที่ ก.ว กำหน เป็นผู้ออกแบบ
- นั่งร้านต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ไม่น้อยกว่าสองเท่าของน้ำหนักแห่งการใช้งานสำหรับนั่งร้านที่สร้างด้วยโลหะ และไม่น้อยกว่าสี่เท่าของน้ำหนักแห่งการใช้งานสำหรับนั่งร้านที่สร้างด้วยไม้

- ที่รองรับนั่งร้านต้องมีความมั่นคงแข็งแรง สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ไม่น้อยกว่าสองเท่าของน้ำหนักแห่งการใช้งาน
- โครงนั่งร้านต้องมีการยึดโยง ค้ำยันหรือตรึงกับพื้นดิน หรือส่วนของงานก่อสร้าง เพื่อป้องกันมิให้เซหรือล้ม
- ต้องมีราวกันตกมีความสูงไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร และไม่เกิน 1.10 เมตร จากพื้นนั่งร้านตลอดแนวยาวด้านนอกของพื้นนั่งร้าน นอกจากเฉพาะช่วงที่จำเป็นเพื่อขนถ่ายสิ่งของ
- ต้องจัดให้มีพื้นนั่งร้านปูติดต่อกันมีความกว้างไม่น้อยกว่า 35 เซนติเมตร ยึดกับตงให้แน่น
- ต้องจัดให้มีบันไดภายในของนั่งร้าน โดยใช้ไม้หรือโลหะ มีความเอียงลาดไม่เกิน 45 องศา
- ต้องจัดให้มีผ้าใบ หรือสังกะสี หรือไม้แผ่น หรือวัสดุอื่นที่คล้ายกันปิดรอบนอกของนั่งร้านเพื่อป้องกันอันตรายจากสิ่งของตก
- เหนือช่องที่กำหนดให้เป็นทางเดินต้องปิดคลุมด้วยผ้าใบ หรือสังกะสี หรือไม้แผ่น หรือวัสดุอื่นที่คล้ายกันเพื่อป้องกันอันตรายแก่ผู้ใช้ทางเดินนั้น

5. ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง

- "เขตก่อสร้าง" หมายความว่า พื้นที่ดินบริเวณโดยรอบพื้นที่ที่ดำเนินการก่อสร้าง ซึ่งนายจ้างได้จัดทำรั้วหรือคอกกั้นไว้ตามประกาศนี้
- "เขตอันตราย" หมายความว่า บริเวณที่กำลังก่อสร้าง หรือบริเวณที่ใช้ปั้นจั่น หรือบริเวณที่ติดตั้งนั่งร้าน หรือติดตั้งลิฟท์ขนส่ง หรือส่วนของการก่อสร้างอาคาร หรือทางลำเลียงวัสดุเพื่อการก่อสร้าง หรือสถานที่เก็บเชื้อเพลิงหรือวัสดุเพื่อการก่อสร้าง หรือบริเวณที่ใช้เครื่องจักรกลหรือกระแสไฟฟ้าเพื่อการก่อสร้าง
- ให้นายจ้างจัดทำรั้วหรือคอกกั้นและปิดประกาศแสดงเขตก่อสร้างในบริเวณที่ดำเนินการก่อสร้าง
- ให้นายจ้างกำหนดเขตอันตรายในงานก่อสร้าง โดยจัดให้มีรั้วหรือคอกกั้น หรือแผงกั้นกันของตกและเขียนป้ายแจ้ง "เขตอันตราย" ปิดประกาศให้ชัดเจน ในเวลากลางคืนให้มีสัญญาณไฟสีแดงแสดงตลอดเวลาด้วย
- ห้ามมิให้นายจ้างยินยอมหรือปล่อยปละละเลยให้ลูกจ้างผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปในเขตอันตรายนั้น
- นายจ้างต้องแจ้งและปิดประกาศห้ามลูกจ้างและไม่ยินยอมให้ลูกจ้างเข้าพักอาศัยในอาคารที่กำลังก่อสร้าง

6. ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั่นจั่น

- ปั้นจั่น" (Cranes หรือ Derricks) หมายความว่า เครื่องจักรกลที่ใช้ยกสิ่งของขึ้นลงตามแนวดิ่งและเคลื่อนย้ายสิ่งของเหล่านั้นในลักษณะแขวนลอยไปตามแนวราบ ได้แก่ ปั้นจั่นชนิดอยู่กับที่ และปั้นจั่นชนิดเคลื่อนที่

- ให้นายจ้างติดป้ายบอกพิกัดน้ำหนักยกไว้ที่ปั้นจั่น ปิดคำเตือนให้ระวังอันตรายและติดตั้งสัญญาณเตือนอันตรายให้ผู้บังคับปั้นจั่นเห็นได้ชัดเจน
- ในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่นให้นายจ้างจัดให้มีการให้สัญญาณการใช้ปั้นจั่นที่เข้าใจในระหว่างผู้เกี่ยวข้อง
- ห้ามมิให้นายจ้างใช้เชือกลวดเหล็กที่มีลักษณะดังต่อไปนี้
    - ลวดเส้นนอกสึกไปหนึ่งในสามของเส้นผ่าศูนย์กลาง
    - เส้นผ่าศูนย์กลาง มีขนาดเล็กลงเกินร้อยละห้าของเส้นผ่าศูนย์กลางเดิม
    - ลวดโยงยึดที่มีเส้นลวดในหนึ่งช่วงเกลียวขาดตั้งแต่สองเส้นขึ้นไป
- จัดทำเครื่องหมายแสดงเขตอันตรายหรือเครื่องกั้นเขตอันตรายในรัศมีส่วนรอบของปั้นจั่นที่หมุนกวาดระหว่างทำงาน
- ให้มีการตรวจสอบส่วนประกอบและอุปกรณ์ของปั้นจั่นทุก ๆ สามเดือน
- ให้มีผู้ควบคุมทำหน้าที่ควบคุมการใช้ปั้นจั่นให้เป็นไปโดยถูกต้องและปลอดภัย

7. ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับการตอกเสาเข็ม

- ให้นายจ้างจัดให้มีผู้ควบคุมงาน ทำหน้าที่ตรวจความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับการตอกเสา
- ให้นายจ้างจัดให้ลูกจ้างซึ่งมีความชำนาญ และได้รับการฝึกอบรมวิธีการใช้เครื่องตอกเสาเข็มอย่างถูกต้องและปลอดภัยเป็นผู้ควบคุมเครื่องตอกเสาเข็ม
- ให้นายจ้างจัดให้มีผู้ให้สัญญาณในการตอกเสาเข็มและสัญญาณที่ใช้ต้องเป็นที่เข้าใจระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง
- ให้นายจ้างจัดให้บริเวณที่ตอกเสาเข็มมิให้มีสิ่งกีดขวางสายตาผู้ควบคุมเครื่องตอกเตาเข็มที่จะมองเห็นการทำงานตอกเสาเข็ม
- ที่ทำงานของผู้ควบคุมเครื่องตอกเสาเข็ม ให้นายจ้างจัดให้มีโครงเหล็กและหลังคาลวดตาข่ายกันของตกอยู่เหนือศีรษะ
- ถ้าใช้เสาเข็มกลวงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของด้านในเกินสิบห้าเซนติเมตร เมื่อทำการตอกเสาเข็มแล้วแต่ละหลุม ให้นายจ้างจัดให้มีการปิดปากรูเสาเข็มโดยทันทีด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรงสามารถป้องกันมิให้สิ่งของหรือผู้ใดพลาดตกลงไปในรูได้

8. ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็น ตกหล่นและการพังทลาย

อันตรายจากการตกจากที่สูง

- ในกรณีที่นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานในลักษณะโดดเดี่ยวที่สูงเกินสี่เมตรขึ้นไป เช่น บนหลังคา หรือบนขอบระเบียงด้านนอก ต้องป้องกันการตกหล่นของลูกจ้างและสิ่งของ โดยจัดทำราวกันตกหรือ ตาข่ายนิรภัย หรือจัดให้มีเข็มขัดนิรภัยและสายช่วยชีวิต หรืออุปกรณ์ป้องกันอื่นใดที่มีลักษณะคล้ายกัน ตลอดระยะเวลาที่มีการทำงาน
- ในกรณีใช้เข็มขัดนิรภัยและสายช่วยชีวิต นายจ้างจะต้องจัดทำที่ยึดตรึงสายช่วยชีวิตไว้กับส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคาร หรือโครงสร้าง
- ช่องเปิดหรือปล่องต่าง ๆ นายจ้างต้องจัดทำฝาปิดหรือรั้วกั้นที่มีความสูงไม่น้อยกว่าเก้าสิบเซนติเมตรเพื่อป้องกันการตกหล่น
- ห้ามนายจ้างให้ลูกจ้างทำงานบนที่สูงจากพื้นเกินกว่าสองเมตรขึ้นไป หรือทำงานในลักษณะโดดเดี่ยวบนที่สูงจากพื้นเกินกว่าสี่เมตรขึ้นไป ในขณะที่มีพายุ ลมแรง ฝนตก หรือฟ้าคะนอง

อันตรายจากวัสดุกระเด็น ตกหล่น และการพังทลาย นายจ้างต้องปฏิบัติดังนี้

- จัดทำไหล่หิน ดิน ทราย หรือวัสดุอื่นให้ลาดเอียงเป็นมุมที่ไม่ทำให้เกิดการพังทลาย
- ในกรณีขุดดินลึกทำมุมเก้าสิบองศา ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ลูกจ้างให้นายจ้างจัดทำผนังกั้นหรือวัสดุกั้นพร้อมค้ำยัน หรือใช้วิธีการอื่นใดที่สามารถป้องกันอันตรายจากการพังทลายของดินได้
- การทำงานในท่อ ช่อง โพรง อุโมงค์ ถ้ำ บ่อ ที่อาจมีการพังทลาย จะต้องจัดทำผนังกั้น ค้ำยัน หรือใช้วิธีการอื่นใดที่สามารถป้องกันอันตรายนั้นได้

9. ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย

- "สารเคมีอันตราย" หมายความว่า สาร สารประกอบ สารผสม ซึ่งอยู่ในรูปของ ของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ที่มีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างดังนี้

  - มีพิษ กัดกร่อน ระคายเคือง ทำให้เกิดอาการแพ้ ก่อมะเร็ง หรือทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัย

  - ทำให้เกิดการระเบิด เป็นตัวทำปฏิกิริยาที่รุนแรง เป็นตัวเพิ่มออกซิเจนหรือไวไฟ

  - มีกัมมันตภาพรังสี

- ให้นายจ้างจัดให้มีป้ายแจ้งข้อความว่า "สถานที่เก็บสารเคมีอันตราย ห้ามเข้าโดยไม่ได้รับอนุญาต" ปิดประกาศไว้ที่ทางเข้าสถานที่นั้นให้เห็นชัดเจนตลอดเวลา
- ให้นายจ้างปิดประกาศ หรือจัดทำป้ายแจ้งข้อความ "ห้ามลูกจ้างสูบบุหรี่ ดื่มเครื่องดื่ม รับประทานอาหาร หรือเก็บอาหาร" ด้วยตัวอักษรขนาดที่เห็นได้ชัดเจนติดไว้บริเวณที่เก็บรักษา ที่ผลิตหรือที่ขนย้ายสารเคมีอันตราย และจะต้องควบคุมดูแลมิให้ลูกจ้างกระทำการตามข้อห้ามนั้นด้วย

- ให้นายจ้างจัดชุดทำงานสำหรับลูกจ้างที่ทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตรายและอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล เช่น ถุงมือ รองเท้าหุ้มแข้ง กระบังหน้า ที่กันอันตรายจากสารเคมีกระเด็น ที่กรองอากาศ เครื่องช่วยหายใจ หรืออุปกรณ์อื่นที่จำเป็น และจัดให้มีที่เก็บชุดทำงานนั้นแยกไว้โดยเฉพาะ
- ให้นายจ้างจัดให้มีที่ชำระล้างสารเคมีอันตราย เช่น ฝักบัว ที่ล้างตา ไว้ในบริเวณที่ลูกจ้างทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย เพื่อให้ลูกจ้างสามารถใช้ได้ทันทีเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน
- ให้นายจ้างจัดให้มีการตรวจสุขภาพลูกจ้างที่ทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่อธิบดีกำหนด

3.3.2 กฎกระทรวงภายใต้ พรบ.คุ้มครองแรงงาน 2541

พระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน 2541 มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้การใช้แรงงานเป็นไปอย่างเป็นธรรมเหมาะสมต่อสภาพการจ้างงานในปัจจุบัน โดยได้มีมาตรายกเลิกประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 103 (2515) ที่ใช้กำหนดสวัสดิการเกี่ยวกับสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยสำหรับลูกจ้างทุกประเภทไว้ โดยประกาศของคณะปฏิวัติดังกล่าวอยู่ในรูปของประกาศกระทรวง มีฐานะเป็นกฎหมายรองจึงมีปัญหาในเรื่องการยอมรับ ได้มีการออกกฎกระทรวงภายใต้ พรบ.คุ้มครองแรงงานนี้มีจำนวนหนึ่ง ที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างมีดังนี้

กำหนดอัตราน้ำหนักที่นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานได้

ให้นายจ้างใช้ลูกจ้างทำงานยก แบก หาม หาบ ทูน ลาก หรือเข็นของหนักไม่เกินอัตราน้ำหนักโดยเฉลี่ยต่อลูกจ้างหนึ่งคน ดังต่อไปนี้

1. ยี่สิบกิโลกรัมสำหรับลูกจ้างซึ่งเป็นเด็กหญิงอายุตั้งแต่สิบห้าปีแต่ยังไม่ถึงสิบแปดปี
2. ยี่สิบห้ากิโลกรัมสำหรับลูกจ้างซึ่งเป็นเด็กชายอายุตั้งแต่สิบห้าปีแต่ยังไม่ถึงสิบแปดปี
3. ยี่สิบห้ากิโลกรัมสำหรับลูกจ้างซึ่งเป็นหญิง
4. ห้าสิบห้ากิโลกรัมสำหรับลูกจ้างซึ่งเป็นชาย

ในกรณีของหนักเกินอัตราน้ำหนักที่กำหนดตามวรรคหนึ่ง ให้นายจ้างจัดให้มีและให้ลูกจ้างใช้เครื่องทุนแรงที่เหมาะสม และไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัยของลูกจ้าง

การทำงานในที่อับอากาศ

"ที่อับอากาศ" หมายความว่า ที่ซึ่งมีทางเข้าออกจำกัดและมีการระบายอากาศไม่เพียงพอที่จะทำให้อากาศภายในอยู่ในสภาพถูกสุขลักษณะและปลอดภัย เช่น อุโมงค์ ถ้ำ บ่อ หลุม ห้องใต้ดิน ห้องนิรภัย ถังน้ำมัน ถังหมัก ถัง ไซโล ท่อ เตา ภาชนะหรือสิ่งอื่นที่มีลักษณะคล้ายกัน

"บรรยากาศอันตราย" หมายความว่า สภาพอากาศที่อันตรายดังต่อไปนี้

1. มีออกซิเจนต่ำกว่าร้อยละ 19.5 หรือมากกว่าร้อยละ 23.5 โดยปริมาตร

2. มีก๊าซ ไอ ละอองที่ติดไฟหรือระเบิดได้ เกินร้อยละ 10 ของค่าความเข้มข้นขั้นต่ำที่อาจติดไฟหรือระเบิดได้

3. มีฝุ่นที่ติดไฟหรือระเบิดได้ ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเท่ากับหรือมากกว่าค่าความเข้มข้นขั้นต่ำที่อาจติดไฟหรือระเบิดได้

4. สภาวะอื่นใดที่อาจเป็นอันตรายต่อร่างกายหรือชีวิตตามที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

ให้นายจ้างจัดให้มีการตรวจวัด บันทึกผลการตรวจวัด และประเมินสภาพอากาศในที่อับอากาศว่ามีบรรยากาศอันตรายหรือไม่ โดยให้ดำเนินการทั้งก่อนให้ลูกจ้างเข้าไปทำงานและในระหว่างที่ลูกจ้างทำงานในที่อับอากาศ

ถ้านายจ้างตรวจพบบรรยากาศอันตราย ให้นายจ้างดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1. นำลูกจ้างและบุคคลที่อยู่ในที่อับอากาศออกจากบริเวณนั้นทันที

2. ประเมินและค้นหาว่าบรรยากาศอันตรายเกิดจากสาเหตุใด

3. ดำเนินการเพื่อทำให้สภาพอากาศในที่อับอากาศนั้นไม่มีบรรยากาศอันตราย เช่น การระบายอากาศ หรือการปฏิบัติตามมาตรการอื่น

จัดให้ลูกจ้างซึ่งได้รับการฝึกอบรมความปลอดภัยอย่างน้อยคนหนึ่ง เป็นผู้ช่วยเหลือ พร้อมด้วยอุปกรณ์ช่วยเหลือและช่วยชีวิตที่เหมาะสมกับลักษณะงาน คอยเฝ้าดูแลบริเวณทางเข้าออกที่อับอากาศโดยให้สามารถติดต่อสื่อสารกับลูกจ้างที่ทำงานในที่อับอากาศได้ตลอดเวลา เพื่อช่วยเหลือลูกจ้างออกจากที่อับอากาศ

3.3.3 มาตรฐานความปลอดภัยสำหรับงานก่อสร้างอาคาร (1003-18)

มาตรฐานความปลอดภัยนี้ ได้จัดทำขึ้นโดยคณะกรรมการที่ได้รับการแต่งตั้งจากวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ เพื่อให้แนวทางวิธีการปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดความปลอดภัย โดยที่เนื้อหานั้นได้แบ่งออกเป็นหมวดต่าง ๆตามประเภทของกิจกรรมงานก่อสร้าง ดังนี้

1. นั่งร้าน

- นั่งร้านที่สูงเกินกว่า 3.70 เมตร นับจากพื้น จะต้องสร้างรั้วกันตกไว้ด้วยความมั่นคงมีความสูงไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร และไม่เกิน 110 เซนติเมตร นับจากกระดานพื้นนั่งร้าน และจะต้องสร้างตามแนวยาวตลอดไปจนสุดปลายทางเดินบนนั่งร้าน
- นั่งร้านทุกแบบจะต้องรับน้ำหนักได้ตามที่คำนวณออกแบบไว้ โดยจะต้องมีอัตราความปลอดภัยอย่างน้อยเท่ากับ 4
- ห้ามใช้นั่งร้านเป็นที่เก็บกองสิ่งของ เว้นแต่จะใช้เป็นที่วางพักชั่วคราว
- ไม้ที่ใช้ในการสร้างนั่งร้าน ยกเว้นกระดานพื้นนั่งร้านจะต้องเป็นไม้ซึ่งเลื่อยถูกต้องและสมบูรณ์ มีเนื้อไม้ตรงตามแนวยาว ไม่มีเนื้อไม้ตามแนวขวางหรือเป็นคลื่น ไม่มีตาไม้ขนาดใหญ่ ไม่ผุ

เปื่อย ไม่มีรอยแตกยาว ไม่มีรูมอด หรือข้อเสียอื่น ๆ ที่จะทำให้ไม้ขาดความแข็งแรงและความทนทาน

- จะต้องติดตั้งตะแกรงด้านข้างทางเดินบนนั่งร้านหรือติดตั้งตลอดแนว เพื่อป้องกันวัตถุหล่นลงไป
- ห้ามไม่ให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานบนนั่งร้านในขณะเกิดพายุหรือลมแรง

2. การตอกเข็ม

- การตอกเข็มจะต้องมีฐานรองรับที่มั่นคงและปลอดภัยตลอดเวลา
- จะต้องตรวจสอบโครงรับแท่นเครื่องให้อยู่ในสภาพแข็งแรงเป็นประจำทุกวัน
- จะต้องมีลวดสลิงพันที่กว้านเหลือไว้อย่างน้อย 2 รอบ ทุกขณะที่ใช้เครื่องตอกเข็ม
- ทุกครั้งที่หยุดตอกเข็มต้องวางค้อนตุ้มไว้ที่ตำแหน่งต่ำสุดของราง
- จะต้องป้องกันมิให้ผู้ปฏิบัติงานพลาดตกลงไปในหลุมขณะตอกเข็ม
- ผู้ปฏิบัติงานทุกคนจะต้องได้รับการฝึกและได้รับคำแนะนำในงานที่ตนได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติ
- ในการให้สัญญาณเดินเครื่องแก่ผู้ควบคุมเครื่อง ผู้ควบคุมงานจะต้องอยู่ในที่ที่ผู้ควบคุมเครื่องมองเห็นได้ถนัด ผู้ควบคุมเครื่องจะปฏิบัติตามสัญญาณของผู้อื่นไม่ได้ นอกจากผู้ควบคุมงานหรือผู้ที่ได้รับมอบหมายหน้าที่
- เข็มที่เตรียมไว้สำหรับตอกจะต้องไม่กองไว้ใกล้แท่นเครื่องตอก และควรจะอยู่ระยะห่างไม่น้อยกว่า 2 เท่าของเข็มที่ยาวที่สุด
- ขณะที่ยกเข็มขึ้นตั้งในรางส่งเข็ม เฉพาะผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องเท่านั้นที่จะอยู่ในบริเวณแท่นเครื่องตอกเข็มผู้อื่นที่ไม่เกี่ยวข้องห้ามอยู่ในระยะใกล้กว่า 2 เท่าของเข็มที่ยาวที่สุด
- ผู้ปฏิบัติงานบนปั้นจั่น ซึ่งทำหน้าที่จัดวางเบาะรองหัวเข็มจะต้องสวมเข็มขัดนิรภัย และห้ามจัดหรือเปลี่ยนเบาะรองหัวเข็มในขณะค้อนตุ้มกำลังเคลื่อนที่ทำงานอยู่ ผู้ควบคุมงานจะต้องดูว่าการจัดหรือเปลี่ยนเบาะรองหัวเข็มได้ดำเนินการเสร็จแล้ว และผู้ปฏิบัติงานได้ออกมาจากบริเวณรางตอกเข็มแล้ว จึงจะให้สัญญาณแก่ผู้ควบคุมเครื่อง

3. บันไดไต่

- ยกเว้นที่ซึ่งได้จัดให้มีบันไดถาวรหรือชั่วคราว ทางลาด (ramps) หรือทางเดินเลียบ (runways) แล้ว จะต้องจัดให้มีบันไดไต่ขึ้นสู่พื้นปฏิบัติงานซึ่งสูงจากพื้นดินหรือพื้นถาวรหรือชั่วคราวเกินกว่า 1.50 เมตรขึ้นไป

- จะต้องติดตั้งบันไดไต่ดังกล่าวไว้จนกระทั่งได้สร้างบันไดถาวรเสร็จและพร้อมที่จะใช้งานได้ และเมื่อมีการทำงานในระดับสูงเกินกว่า 18 เมตรจากพื้นดินควรงดใช้บันไดไต่และต้องสร้างบันไดถาวรตามไปให้ทันใช้งาน
- ไม้ที่นำมาใช้ทำแม่บันได ควรเป็นไม้ซึ่งมีคุณสมบัติเหนียว เบา ซึ่งได้อบแห้งแล้ว มีเสี้ยนตรงและไม่มีรอยแตกตามแนวยาวระหว่างเส้นวงปี รอยแตกตามแนวยาวขวางเส้นวงปี ผุ หรือตำหนิอื่น ๆ ซึ่งจะลดความแข็งแรงของไม้
- ไม้ที่ใช้ทำขั้นบันไดไต่ ควรเป็นไม้เนื้อแข็ง และอบแห้งสนิท ไม่มีรอบแตกตามแนวยาวระหว่างเส้นวงปี ถุงยางไม้ รอยแตกตามแนวยาวของเส้นวงปี แผลใหญ่ ตาไม้ ผุ หรือตำหนิอื่น ๆ

4. งานขุดดินลึก

- ข้อกำหนดเกี่ยวกับงานขุดดินลึกนี้จัดไว้เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดต่อประชาชน ลูกจ้าง หรือทรัพย์สิน ในขณะที่มีงานขุดดินลึกในการก่อสร้างอาคารหรือคู รวมทั้งซึ่งอยู่ใต้หรือต่ำกว่าระดับดิน เช่น งานสร้างฐานรากเพิ่มเติมให้อาคารที่สร้างเสร็จแล้ว กำแพงกันดิน ชั้นใต้ดิน
- ถ้าการขุดดินลึกจะเป็นผลให้อาคารหรือกำแพงข้างเคียงไม่มั่นคง จะต้องจัดให้มีค้ำยันแกงแนง หรือฐานรากเสริม ตามความจำเป็นเพื่อความปลอดภัย และจะต้องจัดผู้ชำนาญงานไว้ตรวจสอบค้ำยันแกงแนงและฐานรากเสริมเหล่านี้อยู่เสมอ
- หลุมซึ่งลึกตั้งแต่ 1.20 เมตรเป็นต้นไป จะต้องจัดให้มีบันไดอย่างน้อยหนึ่งอันไว้ตลอดเวลาทุก ๆระยะความยาวของหลุม 30 เมตร
- ดินที่ขุดออกแล้วและสิ่งซึ่งจะเพิ่มน้ำหนักดันผนังดินจะต้องกองให้ห่างจากขอบหลุมไม่น้อยกว่า 45 เซนติเมตร เว้นแต่จะได้สร้างค้ำยันซึ่งออกแบบให้รับน้ำหนักเหล่านี้ไว้แล้ว

5. การรื้อถอนทำลาย

- ในงานรื้อถอนทำลายทุกครั้งจะต้องติดป้ายเตือนอันตรายไว้รอบบริเวณ รวมทั้งกั้นรั้วไว้บริเวณทางผ่านเข้าออก โดยเว้นไว้เฉพาะที่ใช้เป็นเส้นทางเดินหรือขนย้ายวัสดุ
- จะต้องตัดสาธารณูปโภคต่าง ๆ ได้แก่ ไฟฟ้า น้ำประปา แก๊ส ไอน้ำ ในสิ่งปลูกสร้างก่อนที่จะเริ่มงานรื้อถอนทำลาย
- จะต้องถอดหน้าต่าง ประตู ซึ่งเป็นกระจกออกก่อนจะเริ่มงานรื้อถอนทำลาย
- งานรื้อถอนทำลายสิ่งปลูกสร้างซึ่งสูงเกินกว่า 2 ชั้นหรือ 7.50 เมตร จากระดับทางเท้าหรือถนน และห่างจากขอบถนนตามแนวราบถึงสิ่งปลูกสร้างไม่เกิน 4.50 เมตร จะต้องสร้างหลังคาคลุมทางเท้าตลอดแนวที่ใกล้กับสิ่งปลูกสร้างให้แข็งแรง และให้กว้างพอต่อการสัญจร
- ห้ามทิ้งวัสดุลงมาจากที่สูงลงสู่พื้นภายนอกอาคารเว้นแต่ได้ทำรางระบายวัสดุที่ปิดมิดชิดโดยใช้ไม้หรือโลหะ

- เมื่อไม่มีการระบายวัสดุ บริเวณอันตรายแถบปากรางระบายจะต้องปิดกั้นด้วยรั้ว หรือสิ่งอื่นซึ่งป้องกันไม่ให้เดินผ่านได้สะดวก
- ห้ามปล่อยให้เศษที่รื้อร่วงกองบนพื้นอาคาร โดยที่เศษชิ้นส่วนเหล่านั้นมีน้ำหนักรวมเกินกว่าที่พื้นนั้นได้ออกแบบไว้

6. ปั้นจั่น

- ห้ามผู้ปฏิบัติงานโดยสารไปกับสิ่งของซึ่งปั้นจั่นกำลังยกอยู่
- ห้ามยกสิ่งของหรือยกเบนสิ่งของข้ามศีรษะบุคคลใด และห้ามบุคคลใดเดินลอดใต้สิ่งของที่กำลังยกลอย
- จะต้องให้ผู้ชำนาญงานหรือจัดให้มีการควบคุมดูแลการผูกสลิงรัดสิ่งของให้ถูกต้อง
- จะต้องให้สัญญาณแก่ผู้ควบคุมปั้นจั่นให้เป็นมาตรฐาน
- จะต้องใช้และบำรุงรักษาลวดสลิงให้เป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิตโดยเคร่งครัด ในการยกน้ำหนักจะต้องใช้ส่วนปลอดภัยไม่น้อยกว่า 5
- ต้องจัดให้มีผู้ชำนาญการตรวจสอบลวดสลิงโดยละเอียดอย่างน้อยหนึ่งครั้งต่อวัน และจะต้องบันทึกการตรวจสอบเก็บไว้
- ต้องระวังไม่ให้ลวดสลิงพับงอหรือแตกเกลียว ลวดสลิงที่ขึ้นสนิมหรือแตกเกลียวเกินร้อยละสิบขึ้นไปของจำนวนลวดทั้งหมดต้องทำการเปลี่ยนใหม่
- ถ้าใช้สลิงหลายเส้นยกของจะต้องจัดสลิงเหล่านั้นให้แต่ละเส้นรับหน่วยแรงเท่า ๆกัน

7. กว้านและลิฟท์

- กว้านหรือลิฟท์ที่ใช้ส่งผู้โดยสารหรือสิ่งของ จะต้องควบคุมการใช้โดยผู้ที่มีความชำนาญและได้รับมอบหมายหน้าที่ในการควบคุมลิฟท์
- ปล่องลิฟท์ซึ่งสร้างภายในอาคารจะต้องสร้างปิดทึบทั้ง 4 ด้านตลอดความสูงของลิฟท์ ถ้าไม่สามารถทำได้ด้านที่ไม่ใช้เป็นทางเข้าออกจะต้องปิดกั้นสูงอย่างน้อย 2.40 เมตร นับจากพื้นของแต่ละชั้นอาคาร ด้วยลวดตาข่ายเบอร์ 16 ขนาดช่อง 3.8 x 3.8 เซนติเมตร หรือกั้นด้วยไม้ตีเว้นช่อง 3.8 เซนติเมตร โดยมีขอบกันของตกกั้นโดยรอบยกเว้นทางเข้าออก
- ช่องประตูเข้าลิฟท์ทุกทาง จะต้องปิดกั้นด้วยไม้ขวางหรือประตูเลื่อน ประตูต้องสูงไม่น้อยกว่า 1.70 เมตร ตั้งสูงจากพื้นไม่เกิน 5 เซนติเมตร และห่างจากปล่องลิฟท์ไม่เกิน 15 เซนติเมตร ประตูจะต้องมีน้ำหนักถ่วงและมีกลไกในการล็อคห้ามหรือใส่กลอน
- พื้นลิฟท์ส่งของจะต้องสร้างอย่างแข็งแรงมั่นคง มีส่วนความปลอดภัยในการบรรทุกตามอัตรา ไม่น้อยกว่า 5

- เพดานห้องลิฟท์ จะต้องคลุมด้วยลวดตาข่าย หรือปูพื้นไม้เพื่อป้องกันอันตรายจากของที่จะตกลงมาในปล่องลิฟท์ และมีฝาเปิดได้จากภายในห้องลิฟท์ ฝาเปิดควรติดด้วยบานพับให้เปิดออกด้านบน แต่ปกติแล้วควรปิดอยู่เสมอ
- ลิฟท์ทุกเครื่องควรติดไฟฟ้าให้แสงสว่างเพียงพอในขณะที่ใช้งาน

8. การเชื่อมและการตัด

- ต้องจัดให้มีหม้อดับเพลิงหรืออุปกรณ์ระงับอัคคีภัยที่ใช้ได้ผลเตรียมไว้เพื่อใช้ได้ทันท่วงทีในบริเวณที่มีการเชื่อมหรือการตัด ถ้าบริเวณการทำงานนั้นมีวัสดุที่ติดไฟได้ง่ายอยู่ใกล้ จะต้องจัดให้มีผู้ช่วยหรือจัดคนไว้เป็นพิเศษ เพื่อช่วยในการระงับอัคคีภัย
- ใช้ฉาก ฉนวนกั้น หรือสิ่งป้องกันอันตรายอื่น ๆที่เหมาะสม เพื่อป้องกันบุคคลหรือวัสดุที่ติดไฟง่าย ซึ่งอยู่ทางเบื้องล่าง หรืออาจเป็นอันตรายจากประกายไฟเชื่อม หรือสิ่งของที่หล่นลงมา
- เมื่อมีการเชื่อมหรือตัดโลหะ เช่น ตะกั่ว, สังกะสี หรือวัสดุที่ชุบแคดเมี่ยมหรือโลหะหล่อแบริ่ง จะต้องจัดให้มีการระบายควัน ซึ่งเกิดจากการเชื่อมดังกล่าวออกไป
- ต้องใช้หัวจับลวดเชื่อมที่มีขนาดให้กระแสไฟผ่านได้เพียงพอ และมีฉนวนหุ้มป้องกันไฟดูดช่างเชื่อม หรือป้องกันกระแสไฟลัดวงจรหรือเกิดประการไฟแลบเมื่อวางหัวจับลวดเชื่อมไว้บนวัตุที่ต่อกับดิน
- เมื่อเชื่อมไฟฟ้าใกล้กับผู้ปฏิบัติงานอื่น จะต้องใช้ฉากกั้นเพื่อป้องกันรังสี หรือให้ผู้ปฏิบัติงานอื่นสวมแว่นป้องกันรังสี
- ผู้ปฏิบัติงานเชื่อมตัดด้วยอ๊อกซีอะเซททีลีน จะต้องสวมแว่นซึ่งมีเล็นซ์กรองแสงที่เหมาะสม โดยให้เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยเกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันอันตรายต่อศีรษะ ดวงตา และอวัยวะเกี่ยวกับการหายใจ
- ผู้ปฏิบัติงานเชื่อมตัดด้วยไฟฟ้า จะต้องสวมหน้ากากเชื่อม ซึ่งมีเล็นซ์กรองแสงที่เหมาะสมโดยให้เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยเกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันอันตรายต่อศีรษะ ดวงตาและอวัยวะเกี่ยวกับการหายใจ

9. การปฏิบัติงานภายใต้ความกดอากาศสูง

- คนงานทุกคนที่เข้าไปปฏิบัติงานภายใต้ความกดอากาศสูงเป็นครั้งแรก จะต้องได้รับการอบรมวิธีแก้ความอึดอันหูอื้อ โดยการกลืนน้ำลายบ่อย ๆ หรือหายใจออกโดยปิดรูจมูกทั้งสองข้างและหุบปาก ซึ่งวิธีการเช่นนี้จะทำให้อากาศผ่านจากจมูกไปยังท่อ Eustachian สู่ส่วนกลางของหูได้สะดวกขึ้น ซึ่งจะทำให้กำลังอัดสมดุลกันทั้งภายในและภายนอกล่องหู
- เมื่อคนงานเข้าไปในล็อค กำลังดันอากาศจะต้องเพิ่มไม่เกิน 0.345 บาร์ สำหรับหนึ่งนาทีแรก และจะต้องรักษากำลังดันนี้ให้คงที่ไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่งจนกว่าจะเห็นว่าไม่มีคนงานใดเกิดอาการแพ้รุนแรง

- ห้ามคนงานซึ่งปฏิบัติงานอยู่ภายใต้ความกดอากาศสูงออกจากห้องปฏิบัติงานมายังความกดบรรยากาศปกติ เว้นแต่จะได้เข้าไปอยู่ในห้องซึ่งได้ลดความกดอากาศสูงลงตามที่ได้กำหนดไว้
- จะต้องจัดให้มีระบบสื่อสารที่เชื่อถือได้ เช่นใช้กระดิ่งหรือหวูด ติดต่อระหว่างห้องปฏิบัติงานกับผิวพื้นดินหรือผิวน้ำเบื้องบน และถ้ากระทำได้ควรติดตั้งโทรศัพท์ติดต่อ
- ห้ามไม่ให้บุคคลใดปฏิบัติงานภายใต้ความกดอากาศสูงจนกว่าแพทย์จะได้ทำการตรวจวินิจฉัยร่างกายว่ามีความแข็งแรงสมบูรณ์พอที่จะเข้าปฏิบัติงานเช่นนี้ได้
- อุณหภูมิของห้องปฏิบัติงานภายใต้ความกดอากาศสูง จะต้องไม่สูงเกินกว่า 29.4 C โดยจะดำเนินการด้วยวิธีให้อากาศผ่านหม้อระบายความร้อนหรืออุปกรณ์อื่น ๆที่เหมาะสม

10. การระเบิด

- วัตถุระเบิด ดินขยายการระเบิด สายชนวนควรเก็บในคลังเก็บที่กันกระสุน กันไฟและกันการสึกกร่อนตามแบบที่ได้รับการรับรอง
- วัตถุระเบิดต้องเก็บในคลังที่ห่างจากโรงเรียน โบสถ์ โรงพยาบาล โรงมหรสพ และที่สาธารณะอื่นไม่น้อยกว่า 90 เมตร
- คลังที่เก็บวัตถุระเบิดนั้นต้องไม่ใช้เก็บวัตถุอื่นใดอีก วัสดุติดไฟง่าย เครื่องมือเครื่องใช้หรือวัตถุอื่นใดนอกเหนือไปจากวัตถุระเบิด
- เมื่อจะทำการจุดระเบิด ทุกคนที่อยู่บริเวณใกล้เคียงจะต้องได้รับการแจ้งเตือนด้วยเวลานานพอควร จะต้องไม่จุดชนวนระเบิดหรือจุดระเบิดจนกว่าแน่ใจเต็มที่ว่าทุกคนอยู่ในระยะปลอดภัยแล้ว (ไม่น้อยกว่า 150 เมตร)
- หากจะจุดระเบิดโดยไม่มีสถานที่หลบภัยตามธรรมชาติเพียงพอ จะต้องสร้างที่หลบภัยให้เป็นไปตามกฎของท้องถิ่น ถ้าหากไม่มีกฎ ก็ให้สร้างตามสภาพที่ต้องการเพื่อกันมิให้เศษสะเก็ดกระเด็นมาถูกคน
- หลังจากจุดระเบิดแล้ว ผู้ควบคุมการจุดระเบิดจะต้องทำการตรวจสอบเพื่อหาว่าตัวบรรจุได้ระเบิดแล้วก่อนที่จะอนุญาตให้ผู้ปฏิบัติงานอื่น ๆกลับไปยังที่เดิมของตน
- ส่วนที่ไม่ระเบิด จะต้องได้รับการตรวจสอบดูแลอย่างถูกกรรมวิธีจากช่างที่ชำนาญในเรื่องนี้ก่อนที่จะเริ่มการจุดระเบิดใหม่

11. การขนย้ายและการเก็บวัสดุ

- วัสดุทุกชนิดที่บรรจุในถุง ภาชนะ หรือผูกรวมกันเป็นมัดและวัสดุซึ่งเก็บกองเป็นแถวเป็นแนวควรจะเก็บโดยวิธีกองซ้อนกัน มีไม้กั้นยันไว้ วางทับเหลื่อมกันเพื่อให้วัสดุยึดระหว่างกัน และจะต้องควบคุมความสูงในการวางซ้อนกันเพื่อให้กองสิ่งของนั้นทรงตัวได้โดยปลอดภัยไม่เลื่อนไถลหรือทะลายลงมา

- วัสดุที่กองเก็บไว้ในอาคารซึ่งอยู่ในระหว่างก่อสร้าง จะต้องไม่กองไว้ใกล้กว้านหรือช่องที่เปิดไว้ที่พื้นในระยะ 1.80 เมตร หรือไม่กองไว้ที่พื้นชั้นใด ๆที่อยู่เหนือพื้นดินในระยะ 3 เมตร นับจากขอบนอกอาคาร จนกว่าจะได้สร้างผนังให้สูงขึ้นไปเหนือส่วนสูงของกองวัสดุนั้น ในกรณีหลังนี้ ระยะห่างต่ำสุดจะต้องไม่น้อยกว่า 1.80 เมตร
- จะต้องกองถุงปูนซีเมนต์และปูนขาวสูงไม่เกิน 10 ชั้นถุง ยกเว้นแต่การกองนั้นกองในถังหรือภาชนะซึ่งได้สร้างไว้เพื่อการนี้โดยเฉพาะ
- คนงานซึ่งแบกถุงปูนซีเมนต์และปูนขาวจะต้องสวมแว่นป้องกันฝุ่นปูน รวมทั้งมีอุปกรณ์คลุมศีรษะและบ่าในการแบกปูน รวมทั้งปลอกแขน
- ห้ามกองอิฐไว้บนพื้นดินอ่อนหรือพื้นที่ไม่เรียบ ควรจะกองอิฐไว้บนแผ่นไม้เสมอ เว้นแต่พื้นบริเวณนั้นลาดยางหรือเป็นพื้นคอนกรีต
- ถ้ากองอิฐสูงเกินกว่า 1.20 เมตร จะต้องกองเหลื่อมร่นเข้าข้างใน 2.5 เซนติเมตร ทุก ๆความสูง 30 เซนติเมตร นับตั้งแต่ระดับความสูง 1.20 เมตรขึ้นไป
- เหล็กจะต้องเก็บแยกไว้เป็นกอง ๆตามความยาวและขนาดของเหล็กเส้นนั้น
- คนงานขนเหล็กเส้นจะต้องสวมถุงมือหนัง
- เหล็กแผ่นและสังกะสีควรจะกองในลักษณะแบนราบ โดยกองสูงไม่เกิน 1.20 เมตร
- การกองท่อต่าง ๆจะต้องจัดท่อขนาดใหญ่ไว้ข้างล่างลำดับขึ้นไปถึงท่อเล็ก ๆอยู่ข้างบน และความสูงของกองท่อจะต้องไม่เกิน 1.50 เมตร

12. พื้นชั่วคราว, บันไดถาวร, ราวกั้น, และขอบกันของตก

- ต้องติดตั้งบันไดถาวรให้เร็วที่สุดเท่าที่สภาพการปฏิบัติงานจะอำนวยให้
- บันไดชั่วคราวซึ่งสูงวัดตามแนวดิ่งเกิน 3.65 เมตร จะต้องสร้างชานพัก
- บันไดชั่วคราวซึ่งมีฝากั้นด้านข้าง ต้องไม่สร้างประตูเปิดออกโดยตรงที่ปลายบันได แต่จะต้องสร้างชานบันไดจากปลายบันไดถึงประตูให้มีความกว้างอย่างน้อยเท่ากับความกว้างของประตู
- ราวกั้นมาตรฐาน จะต้องมีความสูงตามแนวดิ่งไม่น้อยกว่า 90 เมตร และไม่เกิน 1.10 เมตร นับจากพื้น หรือยกพื้นถึงผิวบนสุดของราวกั้น
- เสาหรือลูกตั้งของราวกั้น จะต้องตั้งห่างกันระยะไม่เกิน 2.40 เมตร จากศูนย์กลางถึงศูนย์กลาง
- ขอบกันของตกจะต้องสูงตามแนวดิ่งอย่างน้อย 14 เซนติเมตร นับจากพื้น ยกพื้น ทางลาด หรือทางเดินถึงขอบบนของขอบกันของตก
- ทันทีที่ทำช่องเปิดว่างไว้จะต้องปูไม้กระดานปิดช่องที่เปิดว่างไว้ที่พื้นหรือหลังคา ภายในอาคารหรือโครงสร้างในระหว่างงานก่อสร้างดัดแปลงหรือซ่อมแซม โดยจะต้องรับน้ำหนักซึ่งอาจจะนำมาวางตามความจำเป็นได้โดยปลอดภัย และจะต้องกั้นรั้วโดยรอบด้วยราวกั้นมาตรฐาน

- ทางลาดยกระดับถ้ากำหนดให้ใช้เป็นทางเดินของผู้ปฏิบัติงาน จะต้องตีไม้ซี่ขวางเป็นขั้น ๆห่างกันไม่เกิน 40 เซนติเมตร เพื่อป้องกันผู้ปฏิบัติงานลื่นหกล้ม

13. ความสะอาดและความมีระเบียบ, การเดินสายไฟและการให้แสงสว่างชั่วคราว ห้องสุขาชั่วคราว

- จะต้องรักษาความสะอาดของบันได ทางเข้าออก และทางเดิน ไม่ให้มีวัตถุ วัสดุที่จะนำเข้าใช้งาน และสิ่งกีดขวางอื่น ๆทุกชนิด
- ไม้มีตะปูตอกโผล่ขึ้นมา จะต้องถอน ตอกให้ฝังจมหรือตีพับปลายให้ฝังในเนื้อไม้
- จะต้องจัดให้มีแสงสว่างพอเพียงทั่วทั้งอาคาร และในที่ปฏิบัติงานตลอดบริเวณหัวงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางเดินและช่องบันได รวมทั้งที่ซึ่งอาจเกิดอันตรายถ้าขาดแสงสว่าง การใช้หลอดไฟเพื่อให้แสงสว่าง จะต้องให้ความเข้มของแสงไม่น้อยกว่า 10 วัตต์
- เมื่อกองวัสดุหรือขยะเก็บไว้ในอาคาร จะต้องกองไว้ในลักษณะที่จะไม่ทำให้พื้นรับน้ำหนักเกินกำลังหรือในลักษณะที่จะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน
- ควรจัดห้องน้ำ ห้องส้วม โดยถูกต้องตามสุขลักษณะแก่ผู้ปฏิบัติงาน โดยติดตั้งไว้ในที่ซึ่งใกล้กับแหล่งปฏิบัติงาน การอำนวยความสะดวกนี้จะต้องเริ่มพร้อมกับการเริ่มงานก่อสร้าง และจะต้องต่อท่อเข้าบ่อเกรอะ ท่อระบาย รวมทั้งท่อน้ำประปาโดยเร็ว
- สำหรับอาคารสูง ๆ จะต้องจัดการอำนวยความสะดวกนี้ โดยไม่ควรให้ผู้ปฏิบัติงานต้องเดินลงมาเกินกว่า 4 ชั้น
- ต้องจัดสายชูชีพและเข็มขัดนิรภัยให้ผู้ปฏิบัติงานใช้ยึดตัวในการปฏิบัติงานบนคานยื่น, ตรวจสอบเครื่องจักรบนยกพื้น, ผูกมัดและยกสิ่งของบนที่สูง, หรือปฏิบัติงานบนหลังคามุมชันมาก เว้นแต่ในที่ซึ่งผู้มีหน้าที่รับผิดชอบมีความเห็นว่าถ้าให้ใช้อุปกรณ์นี้แล้วอาจเกิดอันตรายมากกว่า ต้องจัดอุปกรณ์ดังกล่าวให้แก่ผู้ปฏิบัติงานเสี่ยงต่ออันตรายตกจากที่สูง ช่างทาสีทำงานบนเสาหรือเหล็กโครงสร้างซึ่งอยู่สูงจากพื้นดินหรือพื้นอาคารหรือยกพื้นเกินกว่า 4.5 เมตร
- จะต้องยึดสายชูชีพไว้กับที่โยงยึดที่มั่นคงแข็งแรง

3.3.4 แผนการดำเนินงานและคู่มือความปลอดภัยของบริษัทก่อสร้าง

จากการศึกษาสำรวจโครงการก่อสร้าง พบว่าบริษัทก่อสร้างที่มีขนาดใหญ่และเป็นบริษัทจำกัดมหาชนบริษัทหนึ่งที่เป็นกรณีตัวอย่าง ได้มีการจัดทำ “แผนการดำเนินงานด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน และมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ” เพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติงานและกิจกรรมก่อสร้างประเภทต่าง ๆที่มีความเสี่ยงอันตรายของโครงการนั้น อย่างปลอดภัยและป้องกันอุบัติเหตุที่ก่อความสูญเสีย และยังถือเป็นกฎระเบียบข้อบังคับเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานทุกคนในโครงการ ซึ่งแผนนี้จัดทำขึ้นโดยเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยประจำโครงการ มีเนื้อหาดังหัวข้อต่อไปนี้

- นโยบายความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยในการทำงาน
- ขอบเขตของแผนการดำเนินงาน
- คณะกรรมการความปลอดภัยในสถานที่ก่อสร้างและหน้าที่รับผิดชอบ
- กฎหมายและข้อกำหนดต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง
- มาตรการป้องกันและควบคุมอุบัติเหตุ
- การฝึกทักษะและอบรมความรู้เรื่องความปลอดภัย
- กฎความปลอดภัยในการทำงาน
- การตรวจความปลอดภัยในงานก่อสร้าง
- การรณรงค์ส่งเสริมความปลอดภัย
- ความปลอดภัยของผู้รับเหมาช่วง
- การตรวจสอบและติดตามผลความปลอดภัย
- การปฐมพยาบาล
- การรายงานอุบัติเหตุและการสอบสวนวิเคราะห์
- การวางแผนฉุกเฉิน แผนผังบริเวณสถานที่ก่อสร้าง และแผนที่โรงพยาบาลใกล้เคียง
- การจัดเก็บเอกสารที่เกี่ยวข้อง และแบบฟอร์มรายงานการตรวจสอบความปลอดภัย
- มาตรการป้องกันมลภาวะและสิ่งแวดล้อม
- แนวทางการติดตั้งเครื่องหมายและสัญญาณสำหรับงานก่อสร้าง

หัวข้อที่สำคัญและแสดงรายละเอียดเพิ่มเติมคือ หัวข้อกฎความปลอดภัยในการทำงานซึ่งกำหนดขึ้นใช้บังคับครอบคลุมประเภทกิจกรรมงานก่อสร้างต่าง ๆได้แก่ เขตก่อสร้าง การทำงานบนที่สูง อุปกรณ์ไฟฟ้า งานขุดดิน งานเจียร์และขัดผิวโลหะ งานตัดด้วยแก๊ส งานเชื่อม การใช้ปั่นจั่น การจราจร การรักษาความสะอาดและการจัดเก็บวัสดุในบริเวณทำงาน และอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

หัวข้อมาตรการป้องกันมลภาวะและสิ่งแวดล้อม มีรายละเอียดครอบคลุมผลกระทบด้านต่าง ๆ ได้แก่ ดินขุด ดินพังทลาย น้ำขัง น้ำเสีย ขยะ น้ำมันหรือสารไวไฟ สารเคมีอันตราย ฝุ่นจากเศษวัสดุ ควันดำจากเครื่องจักร กองวัสดุ แรงสั่นสะเทือน เสียง และห้องสุขาสำหรับพนักงาน

นอกจากแผนการดำเนินงานด้านความปลอดภัยที่จัดทำขึ้นอย่างเหมาะสมเฉพาะสำหรับโครงการนั้น ๆแล้ว บริษัทก่อสร้างขนาดใหญ่นี้ยังมี “คู่มือความปลอดภัย” ซึ่งเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการบริหารงานความปลอดภัย และเป็นข้อบังคับและแนวทางการปฏิบัติงานให้กับพนักงานทุกคน ทุกระดับและตำแหน่งงาน ทุกโครงการก่อสร้างของบริษัท ดังนั้นคู่มือความปลอดภัยนี้จะมีเนื้อหาที่

กว้างขวางครอบคลุมกิจกรรมก่อสร้างหลากหลายลักษณะที่อาจอยู่ในโครงการก่อสร้างประเภทต่าง ๆ ของบริษัท ไม่เฉพาะโครงการใดโครงการหนึ่ง มีเนื้อหาดังหัวข้อต่อไปนี้

- นโยบายความปลอดภัย อาชีวอนามย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน
- กฎทั่วไปเกี่ยวกับความปลอดภัย
- การรักษาความสะอาดและการจัดเก็บวัสดุในบริเวณทำงาน
- ความปลอดภัยในการทำงานว่าด้วยเขตก่อสร้าง
- อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล
- การป้องกันและระงับอัคคีภัย
- ความปลอดภัยในการใช้ถังดับเพลิง งานเชื่อม งานตัดด้วยแก๊ส งานเจียร์ การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องจักรกลหนัก ขนย้ายสิ่งของด้วยรถยก ด้วยปั้นจั่น ด้วยปั้นจั่นหอสูง การใช้กริ๊บสลิง การใช้รถบรรทุก การใช้ลิฟท์ขนส่งวัสดุชั่วคราว
- การใช้สัญญาณมือสำหรับรถปั้นจั่น
- กฎข้อบังคับในการปฏิบัติงานของรถขุด รถปรับดิน รถแทรกเตอร์ รถตักหน้าขุดหลัง
- ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่อับอากาศ
- ความปลอดภัยเกี่ยวกับการขุด เจาะ
- ความปลอดภัยในการทำงานบนที่สูง ติดตั้งแผ่นหลังคา
- ความปลอดภัยในการใช้นั่งร้าน
- แนวทางการติดตั้งเครื่องหมายจราจรในงานก่อสร้าง
- การปฏิบัติเกี่ยวกับรังสี
- ความปลอดภัยในสำนักงานสนาม
- การปฐมพยาบาล
- ประกาศเรื่องการทำ Safety Talk และการประชุมกลุ่มย่อย (Toolbox Talks)
- การป้องกันอุบัติเหตุจากการขนส่งวัสดุ
- ขั้นตอนการรายงานและสอบสวนอุบัติเหตุ
- ประกาศเรื่องระเบียบการจัดทำบ้านพักคนงาน
- ระเบียบปฏิบัติของพนักงานขับเครื่องจักรขนาดใหญ่ต่าง ๆ

เนื้อหาของคู่มือความปลอดภัยนี้แบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกคือกฎที่พนักงานทุกคนต้องปฏิบัติตาม ซึ่งหากมีการละเลยหรือฝ่าฝืนก็จะได้รับโทษทางวินัย และส่วนที่สองคือข้อแนะนำที่ส่งเสริมให้พนักงานได้ตระหนักและระมัดระวังในการปฏิบัติงานก่อสร้างที่จะช่วยให้เกิดความปลอดภัยอย่างสมบูรณ์

จากหัวข้อต่าง ๆที่เป็นเนื้อหาของคู่มือความปลอดภัยจะเห็นได้ว่า มีความครอบคลุมกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในงานก่อสร้างดังที่กล่าวรายละเอียดไว้ในหัวข้อก่อนหน้า และยังใช้เป็นที่อ้างอิงในการจัดทำแผนการดำเนินงานด้านความปลอดภัยสำหรับโครงการต่าง ๆ ซึ่งเป็นการให้ความสำคัญของการปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยของบริษัทนี้ โดยบริษัทถือว่าความปลอดภัยในการทำงานเป็นองค์ประกอบสำคัญสูงสุดในความสำเร็จของบริษัท

3.3.5 หลักการควบคุมความอันตรายทางวิศวกรรม

งานในทางวิศวกรรมอาจเกี่ยวข้องกับอันตรายหลากหลายประเภท โดยทั่วไปแล้วหลักการควบคุมทางวิศวกรรมเพื่อป้องกันความอันตราย (Maccollum, 2007) มีดังนี้

1. กำจัดความอันตราย (Hazard elimination) โดยการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานและเครื่องจักรให้ปลอดภัย ด้วยการวางแผนหรือออกแบบใหม่ที่ไม่ก่อให้เกิดความอันตราย

2. ติดตั้งเครื่องป้องกันความอันตราย (Safeguard) เช่น แผงกั้น ราวกันตก เพื่อเป็นการแบ่งกั้นระหว่างการกระทำที่ไม่ปลอดภัยกับความอันตราย ไม่ให้มีโอกาสเกิดขึ้นพร้อมกันที่จะนำไปสู่อุบัติภัย ใช้เครื่องเตือนภัยที่จะส่งสัญญาณให้ผู้ใช้ทราบหากสภาพการณ์เกิดความไม่ปลอดภัย ซึ่งเป็นการนำไปสู่การแก้ไขก่อนที่สภาพความอันตรายจะก่อให้เกิดอุบัติภัย ใช้ระบบอัตโนมัติในการปลดความอันตรายของเครื่องใช้

3. ใช้ตัวคูณความปลอดภัย (Safety factors) ในการออกแบบ เพื่อเป็นการเผื่อความสามารถของเครื่องมือเครื่องใช้ไว้ในกรณีที่ไม่คาดฝัน การใช้งานผิดประเภท หรือเมื่อเครื่องมือเครื่องใช้นั้นเกิดการเสื่อมสภาพบางส่วน ก็ยังสามารถไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้

4. ใช้เครื่องป้องกันซ้อนกัน (Redundancy) คือการใช้ safeguard หลายอย่างควบคู่กันไป เพื่อเป็นการเพิ่มความแน่นอนในการป้องกันอันตรายให้สำเร็จ ถ้าเครื่องป้องกันอย่างหนึ่งใช้ไม่ได้ หรือใช้แล้วแต่ยังระงับไม่ได้ จะได้มีเครื่องป้องกันอีกเป็นชั้นต่อไป

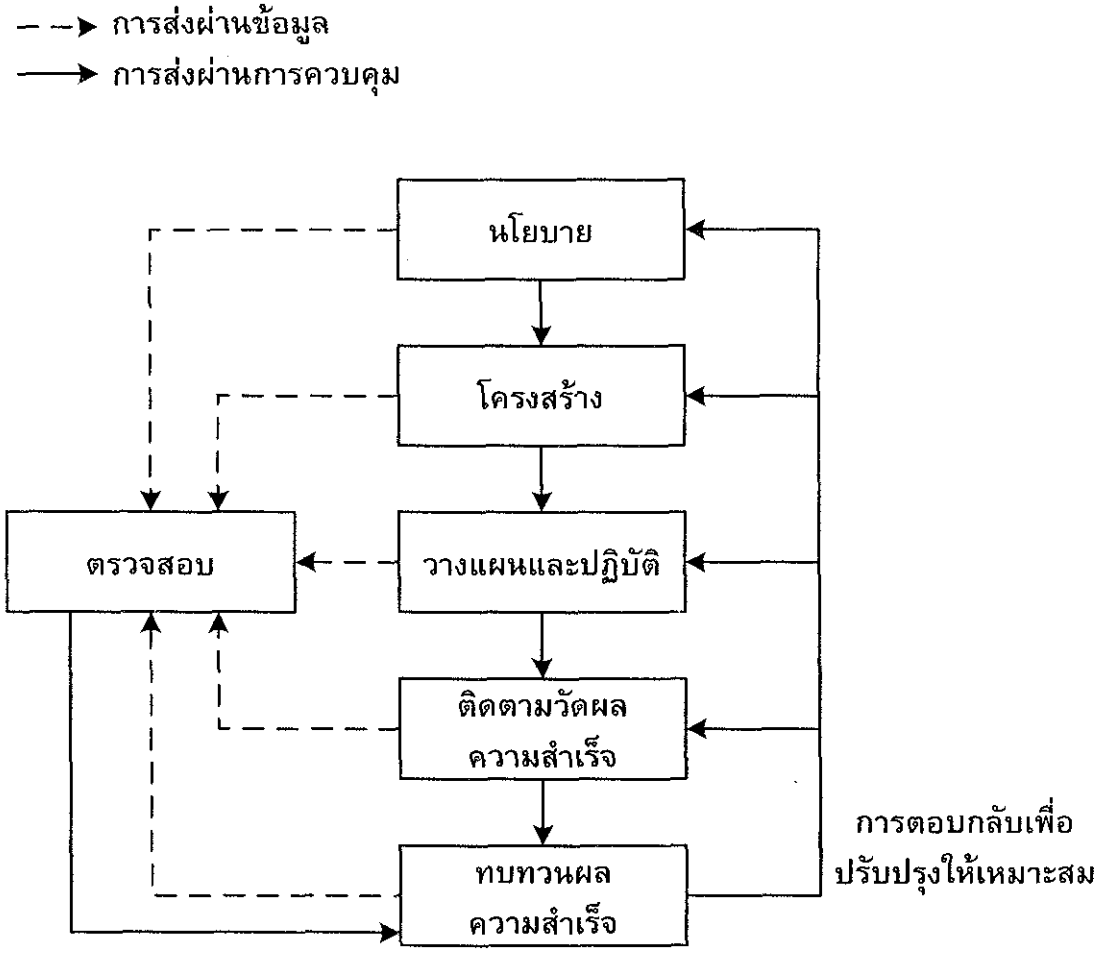
5. ใช้หลักความเชื่อถือได้ (Reliability) ในการประเมินโอกาสการเกิดอุบัติเหตุ เช่น 1 ครั้งในทุก ๆ 1000 ครั้ง

3.4 การบริหารความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

การบริหารความปลอดภัย คือกระบวนการต่าง ๆเพื่อรับรู้ถึงสภาพความอันตรายและทำการกำจัดออกไป รวมทั้งการประเมินและควบคุมความเสี่ยงของสภาพความอันตรายที่ยังเหลืออยู่ และโดยการที่ทำให้กระบวนการเพื่อความปลอดภัยต่าง ๆถูกปฏิบัติอย่างเคร่งครัดต่อเนื่องสม่ำเสมอจนเป็นวัฒนธรรม (Holt, 2005) มีจุดประสงค์ในเชิงปฏิบัติการได้แก่

- เรียกร้องสร้างความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง
- สร้างแรงกระตุ้น ให้ความรู้ อบรมพนักงานทุกคนให้รู้จักและจัดการกับสภาพความอันตรายได้
- ควบคุมสภาพความอันตรายและความเสี่ยงต่าง ๆด้วยนโยบาย
- บังคับใช้แผนการตรวจสอบที่เหมาะสม พร้อมทั้งรับฟังความเห็น
- วางแนวทางปฏิบัติในการควบคุมความเสี่ยงที่ประเมินได้
- ปฏิบัติตามกฎหมายและมาตรฐานความปลอดภัย

องค์ประกอบหลักของการบริหารความปลอดภัย (แสดงแผนภาพความสัมพันธ์ในรูปที่ 3.4) ได้แก่ นโยบาย, โครงสร้างวัฒนธรรม, การวางแผนและการลงมือปฏิบัติ, การติดตามวัดผลความสำเร็จ, และ การทบทวนและตรวจสอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้



รูปที่ 3.4 องค์ประกอบหลักของการบริหารความปลอดภัยให้ประสบผลสำเร็จ

3.4.1 นโยบายความปลอดภัย

การบริหารความปลอดภัยจะสำเร็จได้ด้วยการจัดตั้งนโยบายความปลอดภัยที่ครอบคลุมและถูกนำไปปฏิบัติอย่างมีประสิทธิภาพ มีเป้าหมายที่จะป้องกันความสูญเสียจากอุบัติเหตุ นโยบายที่ประกาศเป็นลายลักษณ์อักษรเป็นการแสดงถึงความตั้งใจและความมุ่งมั่นของผู้บริหารของบริษัท ซึ่งตัวนโยบายจะต้อง

ยืนยันถึงความสำคัญจำเป็น ชักจูง อธิบาย และมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบของพนักงานทุกระดับ โดยสร้างความรู้สึกมีส่วนร่วมต่อการปฏิบัติ (HSE, 2007)

ตัวอย่าง นโยบายความปลอดภัยของบริษัทดูปองต์มีดังนี้

1. การบาดเจ็บและความเจ็บป่วยทุกประการจากการทำงานเป็นสิ่งที่ป้องกันได้

2. ผู้บริหารทุกระดับมีหน้าที่โดยตรงในการป้องกันนี้ โดยที่แต่ละระดับมีหน้าที่ต้องรายงานต่อหัวหน้าระดับสูงขึ้นไป และรับผิดชอบต่อระดับที่อยู่ต่ำลงมา

3. ความปลอดภัยเป็นส่วนหนึ่งของการจ้างงาน มีความสำคัญเท่ากับ การผลิต คุณภาพสินค้า หรือการควบคุมต้นทุน

4. การฝึกอบรมเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อรักษาความรอบรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยและเพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานมาตรฐานที่ปลอดภัยสำหรับทุก ๆงานให้เหมาะสมอยู่เสมอ

5. การตรวจสอบความปลอดภัยเป็นสิ่งที่ต้องปฏิบัติ

6. ข้อบกพร่องจะต้องได้รับการแก้ไขอย่างรวดเร็ว ทั้งโดยการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน การฝึกอบรมเพิ่มเติม หรือการปรับเปลี่ยนนิสัยในการทำงาน

7. การกระทำที่ประมาท อุบัติเหตุ และการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะต้องมีการสอบสวน

8. การป้องกันอุบัติเหตุเป็นสิ่งที่คุ้มค่าเงิน ต้นทุนที่แพงที่สุดคือความทุกข์ทรมานของมนุษย์

9. มนุษย์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการปฏิบัติมาตรการความปลอดภัยให้ประสบผลสำเร็จ พนักงานทุกคนต้องกระตือรือร้น ให้ความร่วมมือ สนับสนุน และให้ความเห็นเพื่อปรับปรุง

3.4.2 โครงสร้างวัฒนธรรม

เพื่อที่จะนำนโยบายที่ตั้งขึ้นมาสู่การปฏิบัติ ทั้งผู้บริหารและพนักงานต้องร่วมมือกันและเอาใจใส่ บริษัทที่สามารถสร้างมาตรฐานความปลอดภัยในระดับสูงได้จะต้องสร้างให้เกิดเป็นวัฒนธรรมประจำและรักษาให้คงอยู่ไว้ โดยโครงสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยนี้มีอยู่ 4 ด้านคือ

1. ความสามารถ (competence) โดยการประเมินทักษะที่ต้องการในการดำเนินงานต่าง ๆได้อย่างปลอดภัย จากนั้นจึงฝึกอบรมหรือสอนพนักงานทุกคนอย่างเพียงพอจนมั่นใจได้ว่าทุกคนมีความสามารถดังกล่าว และจัดให้มีความช่วยเหลือหรือคำแนะนำสำหรับผู้ที่ร้องขอการเพิ่มทักษะความรู้

2. การควบคุม (control) คือการมอบหมายความรับผิดชอบ การรักษาความเอาใจใส่ ให้คำปรึกษาและดูแลผู้ใต้บังคับ และโดยการทำตัวเป็นแบบอย่างที่ดี แสดงความตั้งใจเอาใจใส่ ให้ความสำคัญกับเรื่องความปลอดภัย ให้แนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน มอบหมายหน้าที่ที่ชัดเจนกับพนักงานเพื่อปฏิบัติตามและให้รายงานการปฏิบัติงานทุกครั้ง ทั้งนี้หัวหน้าหรือผู้บริหารจะต้องมีเวลาและทรัพยากรเพียงพอในการปฏิบัติการ

3. การประสานงาน (cooperation) ระหว่างหน่วยงานภายในและระหว่างบริษัทอื่น ๆที่ทำงานร่วมกัน สร้างการมีส่วนร่วมในการวางแผนและทบทวนผลการดำเนินการ การสร้างขั้นตอนการทำงานที่เกี่ยวข้องกัน และการแก้ปัญหาร่วมกัน

4. การสื่อสาร (communication) ให้และกระจายข้อมูลเกี่ยวกับสภาพความอันตราย ความเสี่ยงและมาตรการป้องกันต่าง ๆในการทำงาน แก่พนักงานและบริษัทอื่น ๆที่ทำงานร่วมกัน จัดประชุมหรือสัมมนาเรื่องความปลอดภัยอยู่ตามโอกาส ทำป้ายข้อความหรือสัญลักษณ์ที่คอยกระตุ้นเตือนเรื่องความปลอดภัยในบริเวณสถานที่ทำงาน

3.4.3 การวางแผนและลงมือปฏิบัติ

การวางแผนคือหัวใจที่จะทำให้การปฏิบัติเรื่องความปลอดภัยประสบผลสำเร็จได้ การวางแผนประกอบด้วยการตั้งวัตถุประสงค์ การบ่งชี้สภาพความอันตราย การประเมินความเสี่ยง การจัดตั้งมาตรฐานการทำงาน และการสร้างวัฒนธรรมที่ดี ข้อปฏิบัติในการวางแผนมีดังนี้

1. บ่งชี้สภาพความอันตรายและประเมินความเสี่ยงในการทำงาน รวมทั้งหาวิธีการกำจัดหรือควบคุม

2. ต้องสอดคล้องและไม่ขัดกับกฎหมายความปลอดภัยที่ใช้บังคับอยู่

3. ตั้งวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่เป็นที่ยอมรับ

4. ออกแบบงาน กระบวนการ เครื่องมือ และระบบความปลอดภัยในงาน

5. วางมาตรการรับมือกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้น

6. วางมาตรฐานการทำงานที่เหมาะสม อยู่ในวิสัยที่ปฏิบัติได้และสามารถตรวจวัดได้

มาตรฐานช่วยสร้างให้เกิดวัฒนธรรมที่ดีและทำให้สามารถควบคุมความเสี่ยงได้ เป็นรูปธรรมที่ชัดเจนที่ใช้เป็นแนวการปฏิบัติ ตัวอย่างเช่น กำหนดขั้นตอนและความถี่ในการตรวจสอบเครื่องจักรชนิดต่าง ๆ

3.4.4 การติดตามวัดผลความสำเร็จ

ผลความสำเร็จในเรื่องความปลอดภัยจะต้องมีการตรวจวัด เช่นเดียวกับการที่บริษัทวัดผลกำไรขาดทุนเป็นผลสำเร็จในด้านการเงิน สิ่งที่ต้องรู้คือ เป้าหมายที่ต้องการที่วางไว้ ผลที่ทำได้จริง และความแตกต่างของทั้งสอง มีการติดตามวัดผลอยู่ 2 ประเภทคือ การวัดผลแบบเชิงรุก และแบบเชิงรับ

1. การวัดผลแบบเชิงรุก (active monitoring) คือการวัดผลสำเร็จก่อนเกิดเหตุการณ์ผิดพลาด ได้แก่ การตรวจสอบปกติตามระยะเวลาอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้มาตรฐานการทำงานที่กำหนดถูกปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

2. การวัดผลแบบเชิงรับ (reactive monitoring) คือการวัดผลสำเร็จหลังเกิดเหตุการณ์ผิดพลาด ได้แก่ การสืบสวน รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลหลักฐานเพื่อหาสาเหตุของความผิดพลาด จากอุบัติเหตุความสูญเสียหรือการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นแล้ว ทั้งนี้เพื่อการเรียนรู้จากความผิดพลาด

ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลทั้งแบบเชิงรุกและเชิงรับใช้เพื่อการปรับปรุงนโยบาย โครงสร้าง หรือแผนความปลอดภัยให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป หรือความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้น

3.4.5 การทบทวนและตรวจสอบ

การทบทวนผลสำเร็จของแผนความปลอดภัยจากข้อมูลที่ได้จากการติดตามวัดผล และการตรวจสอบกระบวนการบริหารความปลอดภัยทั้งหมดอยู่สม่ำเสมอ จะนำไปสู่การปรับปรุงนโยบาย โครงสร้าง การวางแผนความปลอดภัย และการติดตามวัดผล ให้ดียิ่ง ๆขึ้นไป ผลความสำเร็จบอกถึงประสิทธิภาพของการปฏิบัติตามระบบที่สร้างขึ้นไว้ แนวการทบทวนผลสำเร็จและตรวจสอบกระบวนการบริหารความปลอดภัยมีดังนี้

1. ดีกรีความสำเร็จตามมาตรฐานการทำงานที่กำหนดไว้
2. ส่วนที่มาตรฐานยังไม่ได้ครอบคลุมไปถึง หรือยังไม่เหมาะสมเพียงพอ
3. การบรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้ภายในระยะเวลาที่กำหนด
4. วิเคราะห์หาสาเหตุจากข้อมูลอุบัติเหตุ การบาดเจ็บ ความสูญเสียที่เกิดขึ้นแล้ว
5. ส่งเสริมผลความสำเร็จที่ได้ตามเป้าหมาย และรักษาให้คงอยู่ต่อไป

3.5 การวางแผนความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

อุบัติภัยในงานก่อสร้างได้สร้างความสูญเสียต่อร่างกาย ชีวิตและทรัพย์สิน รวมทั้งชื่อเสียงของธุรกิจการก่อสร้างด้วย McCollum (1995) ได้เสนอให้การวางแผนความปลอดภัยต้องถูกรวมไว้เป็นส่วนหนึ่งกับการวางแผนงานก่อสร้างปกติของโครงการที่สร้างด้วยเทคนิค Critical Path Method (CPM) Kartam (1997) ได้เสนอให้นำเอาข้อกำหนดด้านความปลอดภัยมารวมไว้เป็นกิจกรรมในแผนงานก่อสร้างหลัก อันจะนำไปสู่ความเข้าใจในขั้นตอนการก่อสร้าง เพื่อการวิเคราะห์และเตรียมการที่ดี รวมทั้งยังสามารถวางแผนจัดสรรทรัพยากรของโครงการก่อสร้างมาเพื่องานทางด้านความปลอดภัย Kartam และคณะ (2000) ได้ให้เหตุผลว่าความปลอดภัยในงานก่อสร้างสามารถถูกบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิผล ถ้านำมารวมไว้กับแผนงานก่อสร้าง และยังเป็นการจัดการในเชิงรุก (proactive safety management) คือการนำประเด็นเรื่องความปลอดภัยมาอยู่ในการวางแผนงาน กำจัดสภาพความอันตรายก่อนที่จะเกิดขึ้นในช่วงการก่อสร้าง

อย่างไรก็ตามการวางแผนก่อสร้างที่ปฏิบัติกันอยู่ทั่วไปนั้น ไม่ได้พิจารณาหรือให้ความสำคัญกิจกรรมในด้านความปลอดภัยเท่าที่ควร ตัวอย่างเช่น กิจกรรมการติดตั้งโครงสร้างชั่วคราวเพื่อความปลอดภัย มักถูกมองข้ามและไม่ได้ถูกกำหนดให้เป็นกิจกรรมหนึ่งในแผนงาน กิจกรรมเพื่อความปลอดภัยเหล่านี้เป็นเพียงกิจกรรมถูกซ่อนไว้และอยู่ในความคิดเท่านั้น ดังนั้นจึงทำให้เวลาและทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับกิจกรรมเหล่านี้ไม่ได้ถูกจัดสรรไว้ให้อย่างสมบูรณ์ แต่ตรงข้ามผู้ปฏิบัติงานจะปฏิบัติอย่างเร่งรีบและไม่พิถีพิถัน เพื่อที่จะได้ปฏิบัติ “กิจกรรมจริง” ต่อไป Cameron และคณะ (2004) ได้เน้นย้ำถึงความสำคัญ

ในการทำให้กิจกรรมด้านความปลอดภัยต่าง ๆกลายเป็นกิจกรรมจริงและเป็นส่วนหนึ่งของแผนงานก่อสร้างด้วย

นอกจากนี้แผนความปลอดภัยและแผนงานก่อสร้าง มักจะถูกจัดเตรียมขึ้นอย่างแยกกัน (Howell และคณะ, 2002)แผนความปลอดภัยเกิดจากเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยของหน่วยงานเดินสำรวจงานก่อสร้างที่กำลังดำเนินการอยู่ และให้คำแนะนำแก้ไขจุดที่บกพร่องหรือมีสภาพความอันตราย ซึ่ง Kartam และคณะ (2000) เห็นว่าเป็นการปฏิบัติแบบเชิงรับ (Reactive) ในขณะที่การวางแผนความปลอดภัยประกอบไปด้วยขั้นตอนการบ่งชี้สภาพความอันตราย (hazard identification) หรือการกระทำที่เป็นอันตราย และหามาตรการความปลอดภัยที่เหมาะสม (safety measures) ซึ่งขั้นตอนการบ่งชี้สภาพความอันตรายเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก (Chantawit และคณะ, 2005) เนื่องจากไม่มีการรับรู้ถึงสภาพความอันตรายก็จะไม่เกิดมาตรการเพื่อความปลอดภัยนั้น ความจำเป็นที่แผนความปลอดภัยควรจะสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับแผนงานก่อสร้าง เพราะจะทำให้ผู้รับผิดชอบสามารถกำหนดเวลาในการปฏิบัติมาตรการความปลอดภัยต่าง ๆให้เหมาะสมกับกิจกรรมก่อสร้าง

Hadikusumo และ Rowlinson (2002) ได้เสนอว่าการบ่งชี้สภาพความอันตรายเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการวางแผนความปลอดภัย และที่ปฏิบัติกันอยู่ด้วยการใช้แหล่งข้อมูลเป็นแบบก่อสร้าง 2 มิตินั้นไม่สามารถทำให้เกิดประสิทธิผลที่ดีได้ เนื่องจากความอันตรายของงานก่อสร้าง (construction hazards) ซ่อนอยู่ในคุณสมบัติของส่วนประกอบต่าง ๆของสิ่งก่อสร้างและขั้นตอนการก่อสร้าง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ไม่ได้แสดงไว้ในแบบก่อสร้าง

Hadikusumo และ Rowlinson (2004) กล่าวว่ารัฐไม่สามารถจะระบุความอันตรายทั้งหมดที่อาจเกิดขึ้นที่หน่วยงานก่อสร้างไว้ในบทบัญญัติกฎหมาย ทั้งนี้ประการหนึ่งเนื่องจากงานก่อสร้างมีความเป็นพลวัตรหรือเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพกาล ดังนั้นความรับผิดชอบส่วนหนึ่งจะต้องอยู่ที่บริษัทก่อสร้างด้วยจะต้องมีความรู้หรือประสบการณ์สำหรับจัดการให้เกิดสภาพการทำงานที่ปลอดภัยอย่างเพียงพอ

Cheung และคณะ (2004) ได้ทำการพัฒนาระบบต้นแบบการติดตามความปลอดภัยและสุขภาพในงานก่อสร้างด้วยเว็บ (CSHM – Construction Safety and Health Monitoring) โดยการบูรณาการฐานข้อมูล เทคโนโลยีเว็บเพจ และระบบฐานความรู้ (knowledge based system) ระบบที่พวกเขาพัฒนาขึ้นนี้จะช่วยการบริหารความปลอดภัยในงานก่อสร้างให้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

Hadikusumo และ Rowlinson (2002, 2004) ได้พัฒนาระบบในการบ่งชี้ความอันตรายในขั้นตอนการก่อสร้างด้วยการแสดงผลภาพเสมือนขั้นตอนการก่อสร้างแบบ virtual reality เพื่อช่วยให้กำหนดมาตรการป้องกันอุบัติภัยก่อนที่จะถึงเวลาดำเนินกิจกรรมการก่อสร้างนั้นจริง นอกจากนี้ระบบยังเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลที่เก็บรวบรวมสภาพความอันตรายที่เป็นไปได้ พร้อมทั้งมาตรการที่เหมาะสม โดยใช้คีย์ที่เป็นชื่อประเภทของชิ้นส่วนของสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ดังนั้นระบบนี้จึงช่วยในการวางแผนความปลอดภัยในงานก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพ

Kartam (1997) ได้เสนอการป้องกันการเกิดอุบัติภัยด้วยเทคนิคการวางแผนและควบคุม โดยได้พัฒนาระบบที่ชื่อว่า Integrated Knowledge-Intensive System for construction safety and health

performance control (IKIS-Safety) ซึ่งได้จากการสร้างฐานข้อมูลเกี่ยวกับข้อปฏิบัติและข้อแนะนำด้านความปลอดภัยของโครงการก่อสร้าง และทำการควบรวมข้อมูลความปลอดภัยนี้กับแผนงานก่อสร้างของโครงการ ระบบที่เขาพัฒนาขึ้นนั้นจะสร้างการเชื่อมโยงใน 2 รูปแบบคือแบบโดยตรงกับโดยอ้อม กล่าวคือแบบโดยตรงนั้น กิจกรรมเพื่อความปลอดภัยที่มีเนื้องานชัดเจนให้กำหนดเป็นกิจกรรมหนึ่งในแผนงาน แบบโดยอ้อมนั้นคือกิจกรรมต่าง ๆในแผนงานจะมีลิงค์ที่เปิดกล่องโต้ตอบขึ้น เพื่อที่จะให้ข้อมูลความปลอดภัย มาตรการความปลอดภัยที่จำเป็นต่อกิจกรรมนั้น

Chantawit และคณะ (2005) ได้พัฒนาระบบการแสดงผลแผนงานก่อสร้าง 4 มิติที่เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลความปลอดภัย โดยผ่านคีย์ที่เป็นชื่อประเภทของชิ้นส่วนของสิ่งก่อสร้างต่าง ๆนั้น การแสดงผลของระบบทางหน้าจอจะประกอบไปด้วยส่วนที่โมเดล 4 มิติของสิ่งก่อสร้าง ส่วนควบคุมการแสดงผลแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ และข้อมูลความปลอดภัยของกิจกรรมก่อสร้างปัจจุบันนั้น ที่เป็นมาตรการความปลอดภัยที่จำเป็นต่าง ๆสำหรับกิจกรรมนั้น

Wang และคณะ (2006) ได้พัฒนาโมเดลการเลียนแบบ (simulation) เพื่อประเมินความปลอดภัยของแผนงานก่อสร้าง ด้วยวิธีการกำหนดปัจจัยและดีกรีของความอันตรายของกิจกรรมก่อสร้างต่าง ๆ จากนั้นจึงประเมินโอกาสของการเกิดอุบัติภัยโดยการใช้การเลียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (computer simulation) เพื่อจำลองสุ่มความไม่แน่นอนของการเกิด

Saurin และคณะ (2004) ได้สร้างโมเดลสำหรับการวางแผนและควบคุมความปลอดภัยสำหรับงานก่อสร้างขึ้น โดยที่โมเดลได้บูรณาการความปลอดภัยเข้าไว้กับแผนงานก่อสร้างใน 3 ระดับคือ แผนระยะยาว ระยะกลาง และระยะสั้น ซึ่งการวัดประเมินผลสำเร็จจะทำที่ระดับแผนระยะสั้นด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ความปลอดภัยของกิจกรรม (Percentage of Safe Work Packages: PSW)

Teo และคณะ (2005) ได้ทำการศึกษาสำรวจปัจจัยที่มีผลต่อความปลอดภัยในงานก่อสร้าง พบว่าความรู้ความเข้าใจและการลงมือปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยของผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงาน เป็นปัจจัยที่สำคัญ

Navon และ Kolton (2006) ได้พัฒนาโมเดลสำหรับป้องกันอันตรายจากการตกจากที่สูงและระบบติดตามอัตโนมัติในงานก่อสร้างอาคาร มีหลักการคือการบ่งชี้กิจกรรมต่าง ๆที่ก่อให้เกิดและกิจกรรมที่ดำเนินการในบริเวณที่มีความอันตรายจากการตกจากที่สูง การบ่งชี้พื้นที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูงจากนั้นโมเดลจะวิเคราะห์และแนะนำตำแหน่งที่ต้องติดตั้งราวกั้นตก และระยะเวลาที่ควรดำรงไว้ เมื่อติดตั้งราวกั้นตกแล้ว จะมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ ตัวส่งสัญญาณ และตัวรับสัญญาณ เพื่อที่จะติดตามอัตโนมัติถึงการดำรงอยู่ของราวกั้นตกเหล่านั้น และจะทำการแจ้งเตือนหากมีการเคลื่อนย้ายตำแหน่ง

Carter และ Smith (2006) ได้เสนอขั้นตอนการบ่งชี้ความอันตรายที่ปรากฏอยู่ในเอกสารวิธีการปฏิบัติงาน (method statements) ด้วยการวัดค่าน้อยที่สุดและมากที่สุดของดัชนีการบ่งชี้ความอันตราย (hazard identification indices) จากการสำรวจพวกเขาสรุปว่า การบ่งชี้ความอันตรายอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่คาดการณ์ เนื่องจากมีอุปสรรคในการจัดการกับข้อมูลบริหารงานความปลอดภัย พวกเขาจึงได้พัฒนา

ระบบสารสนเทศขึ้นเพื่อให้เกิดเป็นฐานข้อมูลความปลอดภัยกลาง ที่จะแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ของพนักงานในบริษัท

พื้นที่ว่าง (space) เป็นทรัพยากรที่จำเป็นอย่างยิ่งในการปฏิบัติกิจกรรมก่อสร้าง และหากมีพื้นที่ว่างไม่เพียงพอหรือมีการใช้ซ้อนทับกับกิจกรรมอื่นจะส่งผลให้อัตราผลผลิตลดลง ในทำนองเดียวกันเครื่องจักรก็ต้องการพื้นที่ว่างในการทำงานและบริเวณเผื่อเพื่อความปลอดภัย Winch และ North (2006) ได้พัฒนาเครื่องมือช่วยในการวางแผนการใช้พื้นที่ว่าง โดยการกำหนดพื้นที่ว่างที่มีอยู่ และจัดสรรให้กับกิจกรรมก่อสร้างต่าง ๆ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีการใช้พื้นที่ว่าง (space loading ratio) และจัดเรียงตารางงานให้เหมาะสมที่สุด (scheduling optimization)

Akinci และคณะ (2002a) กล่าวว่าในการวางแผนการใช้พื้นที่ว่างจะต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดข้อมูลการใช้พื้นที่ของกิจกรรมก่อสร้างต่าง ๆของโครงการนั้น ๆ ซึ่งเป็นงานที่ยุ่งยากและเสียเวลา เนื่องจากการใช้พื้นที่ของกิจกรรมก่อสร้างเปลี่ยนแปลงไปตามเวลามีลักษณะเป็นพลวัตร อีกทั้งกิจกรรมก่อสร้างยังมีอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งแต่ละกิจกรรมก็ต้องการประเภทของพื้นที่ว่างต่างกันไป ดังนั้นพวกเขาคิดได้เสนอวิธีการที่จะกำหนดพื้นที่ว่างที่ต้องการใช้ได้อัตโนมัติเพื่อช่วยงานดังกล่าว โดยไม่ขึ้นกับโครงการ ซึ่งจะทำให้ใช้ได้กับโครงการก่อสร้างใด ๆก็ได้ พวกเขาจึงได้สร้างรูปแบบการใช้พื้นที่ว่างทั่วไป (generic space representation) สำหรับวิธีการก่อสร้าง (construction method) แต่ละประเภทซึ่งไม่ขึ้นกับโครงการ

Akinci และคณะ (2002b, 2002c) ได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ความขัดแย้งของเวลาและพื้นที่ว่าง (time-space conflict analysis) โดยการที่สามารถตรวจหาความขัดแย้งโดยอัตโนมัติใน 4 มิติ และทำการจัดจำแนกประเภทของความขัดแย้ง จากนั้นจึงจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมก่อสร้างที่เกิดความขัดแย้งเพื่อนำไปสู่การแก้ไขความขัดแย้งนั้น

3.6 บทสรุป

ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างมีความกระจัดกระจาย ไม่เป็นระบบระเบียบ โดยมีอยู่ทั้งในรูปแบบของบทบัญญัติทางกฎหมาย มาตรฐานทางวิชาชีพ และแผนความปลอดภัยตามข้อกำหนดในสัญญาก่อสร้าง ซึ่งแต่ละรูปแบบก็มีแนวทางในการสร้างข้อกำหนดขึ้นต่าง ๆ รวมทั้งมีผลบังคับต่าง ๆกัน ในรูปแบบของกฎหมายนั้นก็ไม่ได้มุ่งเน้นเฉพาะความปลอดภัยในงานก่อสร้างโดยตรง แต่จะครอบคลุมลักษณะการทำงานที่มีความอันตรายทั่วไปที่อาจมีได้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆทุกประเภท ซึ่งทำให้ไม่ได้รับการพิจารณาให้ครอบคลุมความอันตรายในงานก่อสร้างทั้งหมด กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างมากที่สุดคือประกาศกระทรวงมหาดไทย ตามประกาศของคณะปฏิวัติฉบับที่ 103 (2515) เป็นกฎหมายที่เก่าและลักษณะการทำงานบางส่วนล้าสมัย ได้มีการยกเลิกการใช้บางมาตรา อีกทั้งมีสถานะเป็นเพียงประกาศกระทรวงเท่านั้น ส่วนมาตรฐานทางวิชาชีพเกี่ยวกับความปลอดภัยสำหรับงานก่อสร้างอาคาร โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (2538) มีลักษณะเป็นเพียงคู่มือคำแนะนำให้ปฏิบัติตาม และมีรายละเอียดของเนื้อหาที่น้อยเกินไปกว่าที่จะปฏิบัติตามได้อย่างเคร่งครัด นอกจากนี้เนื้อหายังไม่ครอบคลุมทุกกระบวนการก่อสร้าง การก่อสร้างทุกประเภท และบางส่วนมีความล้าสมัยไม่เหมาะสมกับเทคโนโลยีการก่อสร้างใหม่ ๆ ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่น่าจะมีความทันสมัยและมีประสิทธิผลที่สุดคือแผนความ

ปลอดภัยตามข้อกำหนดในสัญญาก่อสร้าง แต่ก็ไม่มีความเป็นมาตรฐานขึ้นอยู่กับเจ้าของโครงการก่อสร้างที่จะให้ความสำคัญในการสร้างข้อกำหนดที่ครอบคลุมงานก่อสร้างและขึ้นอยู่กับบริษัทก่อสร้างที่จัดเตรียมและเสนอแผนความปลอดภัยนี้ต่อเจ้าของโครงการ ในการดำเนินงานวิจัยนี้จึงเลือกปรับใช้ข้อกำหนดความปลอดภัยตามมาตรฐานวิชาชีพของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการวางแผนความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่มีจำนวนหนึ่งก็ยังมีความขาดช่วงโดยไม่ครอบคลุมทุกกระบวนการของการดำเนินโครงการก่อสร้าง โดยที่ยังขาดเครื่องมือที่จะช่วยในการบูรณาการการบริหารงานด้านความปลอดภัยกับการบริหารงานก่อสร้างเข้าด้วยกันตลอดทั้งกระบวนการ (Hare et al., 2006) งานวิจัยนี้จึงได้มีวัตถุประสงค์ที่จะริเริ่มนำเอาเทคนิคการวางแผนงานก่อสร้างแบบ 4 มิติมาเป็นเครื่องมือช่วยดังกล่าว เพื่อพัฒนาแนวทางในการควบรวมข้อกำหนดความปลอดภัยกับแผนงานก่อสร้าง อย่างไรก็ตามความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพจริงของการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของโครงการก่อสร้างโดยทั่วไป เป็นส่วนสำคัญในการกำหนดแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือดังกล่าวนี้ให้สอดคล้องกับลักษณะการปฏิบัติงานจริงและยังทำให้เกิดประสิทธิผลที่ดี

บทที่ 4 การปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัย

4.1 การศึกษาสำรวจ

การศึกษาสำรวจที่จัดทำขึ้นนี้เป็นแบบเบื้องต้น โดยทีมผู้ช่วยวิจัยที่เป็นนักศึกษาสาขาวิศวกรรมโยธา ระดับปริญญาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี การศึกษาสำรวจนี้เพื่อเป็นการทำความเข้าใจกับการปฏิบัติงานจริงและปัญหาความปลอดภัยในโครงการก่อสร้างในปัจจุบัน และเชื่อมโยงไปสู่ปัจจัยที่เป็นอุปสรรคในการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัย หรือสาเหตุของการละเลยที่จะปฏิบัติตามข้อกำหนดของโครงการก่อสร้าง ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจะใช้เพื่อประกอบการดำเนินโครงการวิจัยนี้เท่านั้น จึงไม่ใช่เป้าหมายหลักของโครงการวิจัยนี้ ขั้นตอนการศึกษาสำรวจมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 การเก็บข้อมูล

เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลและทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในงานก่อสร้าง แล้วจึงทำการออกแบบแบบสอบถามที่กำหนดตัวเลือกคำตอบ และแบบสอบถามปลายเปิดเชิงพรรณนา โดยแบบสอบถามที่กำหนดตัวเลือกคำตอบแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. แบบประเมินสภาพความปลอดภัยของสถานที่ก่อสร้างตามข้อกำหนด และ

2. แบบประเมินการบริหารความปลอดภัยสำหรับผู้บริหารโครงการ (ได้แก่ วิศวกรโครงการ)

โดยแบบสอบถามประเภทที่ 1 มีหัวข้อการประเมินอยู่ 5 กลุ่มหลักได้แก่ ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล, นั่งร้าน, ปั้นจั่น, สถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตก หล่นและการพังทลาย, และเขตก่อสร้าง เนื่องจากหัวข้อเหล่านี้มีบทบัญญัติความปลอดภัยอย่างเป็นรูปธรรมที่ชัดเจนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับงานก่อสร้างที่สุด มีสถานะเป็นประกาศกระทรวงมหาดไทย ถูกรวมอยู่ในมาตรฐานความปลอดภัยโดยวิศวกรรมสถาน และคู่มือความปลอดภัยของบริษัทก่อสร้าง ซึ่งหัวข้อเหล่านี้เป็นการควบคุมความปลอดภัยตามลักษณะกิจกรรมหลักทั่วไปในงานก่อสร้าง ที่มักเกิดขึ้นตลอดช่วงการดำเนินโครงการ ทั้งยังเหมาะสมกับข้อจำกัดของการศึกษาและทีมผู้ช่วยวิจัยนี้ ซึ่งผลที่ได้จากการประเมินนี้จะสะท้อนถึงความใส่ใจในเรื่องความปลอดภัยขั้นพื้นฐานของโครงการก่อสร้างนั้นได้

ส่วนแบบสอบถามประเภทที่ 2 นั้นเป็นแบบประเมินตนเองสำหรับผู้บริหารโครงการนั้น ๆ โดยจะเป็นชุดคำถามที่เกี่ยวข้องกับการบริหารความปลอดภัยในโครงการ จำนวน 8 ข้อ โดยผลคะแนนที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับผลคะแนนสภาพความปลอดภัยจากแบบสอบถามประเภทที่ 1 เพื่อทำให้เข้าใจถึงทัศนะคติเกี่ยวกับระดับความสำเร็จของการบริหารความปลอดภัยในงานก่อสร้างของผู้บริหารโครงการนั้น

แบบสอบถามปลายเปิดเชิงพรรณนา ได้แก่ ประเด็นคำถามถึงปัญหาความปลอดภัยในโครงการก่อสร้างในปัจจุบัน ปัจจัยที่เป็นอุปสรรคในการปฏิบัติตามข้อกำหนด และสาเหตุของการละเลยที่จะปฏิบัติตามข้อกำหนดของโครงการก่อสร้าง โดยให้ผู้บริหารเป็นผู้ตอบคำถามด้วยการอธิบายตามความเห็นอย่างอิสระ

หลังจากได้สร้างฉบับร่างของแบบสอบถามทั้งหมดทุกประเภทแล้ว จึงนำไปตรวจสอบความสมบูรณ์กับเจ้าหน้าที่ที่กองตรวจความปลอดภัย และเจ้าหน้าที่ที่สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งทั้งสองหน่วยงานอยู่ในสังกัดของกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม ทั้งสองหน่วยงานมีหน้าที่รับผิดชอบในการตรวจสอบความถูกต้องของการปฏิบัติตามกฎหมายความปลอดภัยในการทำงานทุกประเภท ซึ่งรวมทั้งงานก่อสร้างด้วย นอกจากนี้การสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ของหน่วยงานทั้งสองยังทำให้ทราบแนวทางการเข้าไปสำรวจความปลอดภัยในโครงการก่อสร้าง การเตรียมตัวของผู้เก็บข้อมูล ข้อควรปฏิบัติและข้อควรหลีกเหลี่ยงในระหว่างการเข้าไปสำรวจ หลังจากการปรับแก้ตามคำแนะนำของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญเหล่านี้แล้ว จึงได้ผลเป็นแบบสอบถามทั้ง 2 ประเภทดังแสดงในภาคผนวกของรายงานนี้

แบบสอบถามประเภทที่ 1 ประกอบด้วยชุดหัวข้อการประเมินจำนวน 5 หัวข้อหลักและแต่ละหัวข้อหลักแบ่งออกเป็นหัวข้อย่อยต่าง ๆอีกระดับ ส่วนแบบสอบถามประเภทที่ 2 ประกอบด้วยชุดคำถามจำนวน 8 ข้อ ทั้งนี้ในแต่ละข้อย่อยของแบบสอบถามทั้ง 2 ประเภทได้กำหนดระดับคะแนนที่เป็นไปได้ไว้ 5 ระดับดังนี้

ระดับคะแนน 0 หมายถึง ไม่มี

ระดับคะแนน 1 หมายถึง มีค่อนข้างน้อย

ระดับคะแนน 2 หมายถึง มีปานกลาง

ระดับคะแนน 3 หมายถึง มีค่อนข้างมาก

ระดับคะแนน 4 หมายถึง มีครบถ้วน

ในการดำเนินการเก็บข้อมูลและการให้คะแนนในแบบสอบถาม แบ่งเป็นแบบประเมินประเภทที่ 1 จะใช้วิธีการเดินสำรวจและสังเกตการณ์ในบริเวณสถานที่ก่อสร้างของโครงการ โดยคณะผู้วิจัยจะเป็นผู้ตัดสินให้คะแนนด้วยตนเองตามสภาพจริงที่สังเกตได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันอคติจากผู้ให้คะแนน จึงกำหนดให้มีผู้ให้คะแนน 3 คนโดยทำการให้คะแนนอย่างเป็นอิสระจากกัน จากนั้นจึงนำค่าฐานนิยมที่ได้ไปใช้เป็นผลข้อมูล และผู้ให้คะแนนทั้ง 3 คนนี้จะทำการประเมินโครงการก่อสร้างที่เป็นตัวอย่างศึกษาทั้งหมดทุกโครงการ ส่วนแบบสอบถามประเภทที่ 2 นั้นจะทำการถามคำถามผู้บริหารโครงการ โครงการละ 1 ท่านทีละข้อโดยตรง โดยคณะผู้วิจัยทำหน้าที่ในการกรอกคะแนนด้วยตนเอง

สำหรับแบบสอบถามปลายเปิดเชิงพรรณนา จะทำการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการโดยถามคำถามปลายเปิดที่เตรียมไว้ให้ผู้ตอบเป็นผู้ให้ข้อมูลแบบบรรยายโดยอิสระ แต่ควบคุมคำตอบให้อยู่ในประเด็นคำถาม โดยคณะผู้วิจัยทำการบันทึกเสียงการสัมภาษณ์และจดบันทึกเพื่อนำไปใช้ในการรวบรวมข้อมูลต่อไป

4.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาสำรวจนี้ได้ใช้ตัวอย่างเป็นโครงการก่อสร้างที่กำลังดำเนินการอยู่จำนวนทั้งสิ้น 11 โครงการ โดยเป็นโครงการที่อยู่ในจังหวัดนครราชสีมา 7 แห่งและที่กรุงเทพมหานครฯอีก 4 แห่ง โดยเป็น

การเลือกตัวอย่างตามความสะดวกในการปฏิบัติงานและการให้ความร่วมมือของบริษัทก่อสร้างเหล่านั้น อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่เลือกนั้นให้ข้อพิจารณาให้เกิดความหลากหลายทั้งประเภทของสิ่งก่อสร้างและขนาดของโครงการ เพื่อให้สามารถเป็นตัวแทนของบริษัทก่อสร้างต่าง ๆที่เป็นกลุ่มประชากรของการศึกษานี้ ประเภทของโครงการก่อสร้างที่เป็นกลุ่มตัวอย่างได้แก่ อาคารเรียนและทดลองปฏิบัติการ ห้องสมุด อาคารชุดพักอาศัย อาคารโรงพยาบาล โรงกระจายน้ำประปา และสถานีรถไฟฟ้า ซึ่งครอบคลุมงานก่อสร้างอาคารสูง และระบบสาธารณูปโภคขนาดใหญ่ ที่เป็นงานที่ซับซ้อนและมีกิจกรรมก่อสร้างที่เป็นอันตรายรวมอยู่ด้วย ขนาดของโครงการตัวอย่างอยู่ระหว่าง 8 ล้านถึง 26,000 ล้านบาท ซึ่งเป็นช่วงที่กว้างมากครอบคลุมทั้งโครงการขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ และใหญ่มาก

4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการสำรวจ

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามทั้ง 2 ประเภทจะใช้ค่าผลรวมคะแนนเฉลี่ยเปรียบเทียบเป็นร้อยละเรียกว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละความปลอดภัย โดยแบ่งออกเป็น

1. ค่าเฉลี่ยร้อยละความปลอดภัยของแต่ละโครงการ เป็นผลรวมคะแนนทั้งหมดของโครงการก่อสร้างแต่ละโครงการ ค่าที่ได้จะแสดงถึงระดับความปลอดภัยของแต่ละโครงการ

2. ค่าเฉลี่ยร้อยละความปลอดภัยของแต่ละหัวข้อ เป็นผลรวมคะแนนทั้งหมดของแต่ละหัวข้อรายการตรวจสอบ ซึ่งค่าที่ได้แสดงให้เห็นถึงระดับความปลอดภัยในแต่ละรายการ

รวมทั้งยังมีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยการหาเส้นความสัมพันธ์ (Trendline) ของค่าเฉลี่ยร้อยละความปลอดภัยกับข้อมูลรายละเอียดอื่น ๆของโครงการได้แก่ มูลค่าโครงการ อายุและประสบการณ์ของผู้บริหาร และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากแบบสอบถามทั้ง 2 ประเภท

สำหรับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์จะทำการรวบรวมและเรียบเรียงให้ได้เป็นประเด็นต่าง ๆที่น่าสนใจที่ได้จากการตอบคำถามปลายเปิดเชิงพรรณนาของผู้ให้ข้อมูล

4.2 ผลการศึกษาสำรวจ

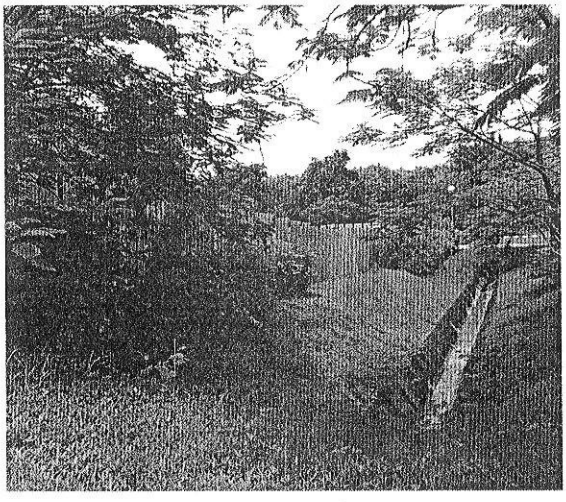
4.2.1 รายละเอียดทั่วไปของโครงการตัวอย่าง

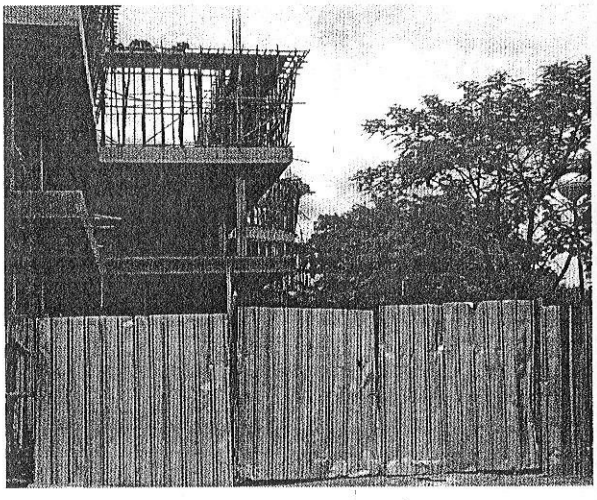
โครงการก่อสร้างที่ 1

เป็นโครงการก่อสร้างอาคารบรรณสารและสื่อการศึกษา การดำเนินการก่อสร้างในช่วงเวลาที่ทำการสำรวจ ดำเนินการไปแล้วประมาณร้อยละ 40 ขนาดของโครงการ 126,379,500 บาท ผู้บริหารโครงการมีประสบการณ์ในการทำงานมานาน มีความรู้ทางด้านความปลอดภัยและได้อบรมทางด้านนี้โดยเฉพาะ แต่สำหรับลูกจ้างไม่มีการอบรมทางด้านนี้และไม่มีเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยเข้ามาตรวจสอบ มีการบังคับให้ผู้ปฏิบัติงานสวมหมวกนิรภัย เข็มขัดนิรภัยและรองเท้าหุ้มส้น ที่สามารถผ่อนจ่ายกับบริษัทได้ ผู้ที่ไม่ปฏิบัติตามจะได้รับการตักเตือน แต่ถ้ายังฝ่าฝืนอีกจะลงโทษด้วยการหักเงินเดือนจนถึงขั้นไล่ออกจากงาน

ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล จากการสำรวจพบว่า คนงานที่ทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรมีการสวมใส่หมวก ถุงมือ แว่นตา หน้ากาก เครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ตามสภาพและลักษณะของงาน มีการแต่งกายที่ไม่เหมาะสมและไม่รัดกุม สวมใส่รองเท้าแตะในการปฏิบัติงานเครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้า มีการใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้าในการเก็บสายไฟฟ้าเพียงบางส่วน และพบว่าเครื่องจักรที่มีการถ่ายทอดพลังงานโดยใช้เพลา สายพาน มีการใช้ตะแกรงครอบส่วนที่หมุนได้ เพื่อป้องกันอันตราย ไม่ครบถ้วน มีการตรวจสภาพเครื่องจักรก่อนใช้งานบ้างเป็นครั้งคราวไม่สม่ำเสมอ และมีการใช้สัญญาณเตือนเครื่องจักร โดยใช้ผู้บอกสัญญาณเมื่อใช้งานเครื่องจักรที่กำลังเคลื่อนที่ ไม่มีการจัดทำป้ายเขตอันตรายในเขตพื้นที่ที่เครื่องจักรทำงาน

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน พบว่ามีการใช้งานนั่งร้านที่เป็นโครงสร้างเหล็กซึ่งอยู่ในสภาพที่เหมาะสม ไม่ปรากฏความชำรุด มีการรองรับนั่งร้านที่ดี โดยมีการยึดโยงโครงสร้างนั่งร้านที่มั่นคง และหากมีนั่งร้านชำรุดหรือน่าจะเป็นอันตรายต่อการใช้งาน จะมีการซ่อมแซมแก้ไขส่วนนั้นทันที มีการห้ามมิให้คนงานทำงานบนนั่งร้านขณะมีพายุ ฝนตก และพบว่าไม่มีแผ่นป้องกันวัสดุตกหล่นจากนั่งร้านชั้นบนเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่ทำงานชั้นล่าง คนงานที่ใช้งานนั่งร้านในการทำงานแต่ละประเภทมีการแต่งกายที่ไม่เหมาะสม สวมใส่หมวกที่ไม่ใช่หมวกนิรภัย และบางคนไม่สวมใส่ถุงมือและสวมใส่ร้องเท้าแตะขณะปฏิบัติงาน รวมถึงไม่คาดเข็มขัดนิรภัยตลอดเวลาในการทำงาน





รูปที่ 4.1 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 1

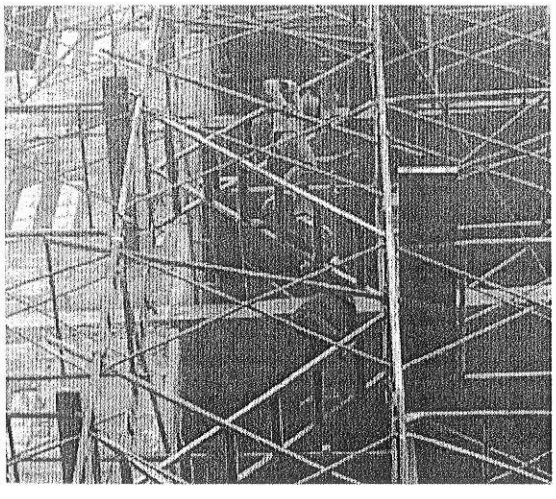
ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง มีการจัดทำรั้วโดยรอบเขตก่อสร้างและปิดประกาศแสดงเขตก่อสร้างในบริเวณที่ดำเนินการก่อสร้าง มีการห้ามไม่ให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปในเขตอันตรายนั้น และไม่ยินยอมให้คนงานเข้าพักอาศัยในอาคารที่กำลังก่อสร้าง พร้อมทั้งแสดงป้ายเขตอันตรายในงานก่อสร้าง และมีสัญญาไฟสีแดงแสดงในเวลากลางคืน

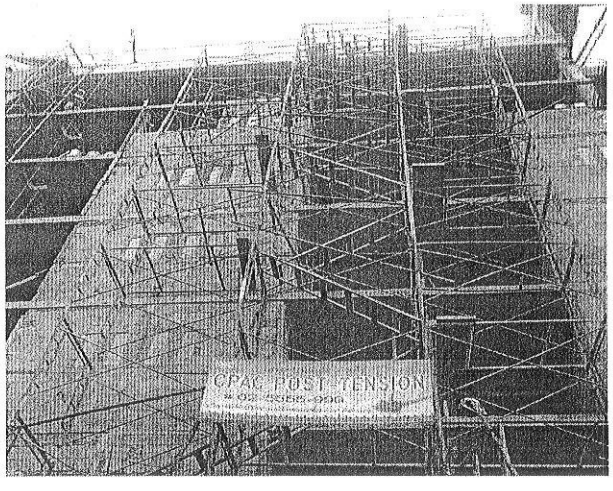
ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลาย พบว่าในกรณีที่ลูกจ้างทำงานสูงจากพื้นที่ปฏิบัติงานเกินสองเมตรขึ้นไป ได้มีการจัดให้มีนั่งร้านป้องกันการผลัดตก พร้อมทั้งมีการติดตั้งราวกันตกและแผ่นป้องกัน ในบริเวณที่อาจมีวัสดุกระเด็นตกหล่น

โครงการก่อสร้างที่ 2

โครงการก่อสร้างคอนโดมีเนียม 8 ชั้น อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา มีการดำเนินการก่อสร้างในช่วงเวลาที่ทำการสำรวจ ไปแล้วประมาณร้อยละ 60 ขนาดของโครงการ 22,000,000 บาท ผู้บริหารโครงการมีประสบการณ์ด้านการบริหารความปลอดภัยในการก่อสร้างอยู่เล็กน้อย แต่มีความรู้ความเข้าใจในทฤษฎี

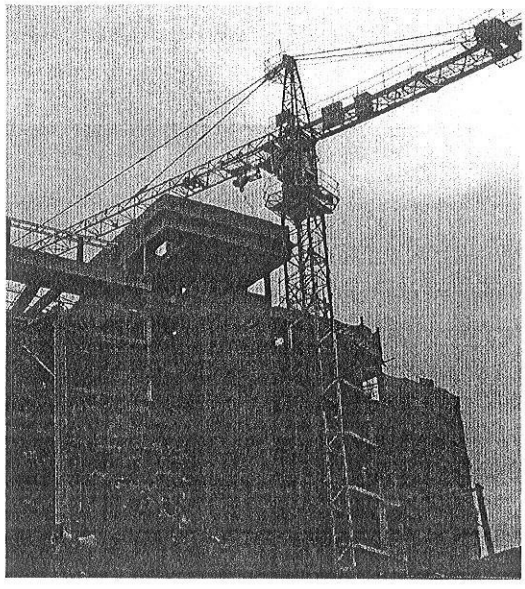
ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล จากการสำรวจในส่วนของเครื่องจักรกลที่ใช้พลังงานไฟฟ้า พบว่าสายไฟฟ้าไม่มีการป้องกันด้วยการใช้ท่อ PVC ร้อยสายและไม่ได้ทำการฝังดิน ส่วนเครื่องจักรที่มีการถ่ายทอดพลังงานโดยใช้เพลา สายพานและส่วนที่หมุนได้นั้นมีการใช้ตะแกรงปิดไว้เพื่อป้องกันอันตราย และพบว่าถ้ามีเครื่องจักรกลที่ชำรุดเสียหายต้องการทำการซ่อมแซม จะมีการปิดป้ายประกาศไว้ที่เครื่องจักรนั้นและห้ามใช้งาน ไม่มีการติดตั้งรั้ว คอกกั้นหรือเส้นสัญลักษณ์แสดงอันตราย ณ ที่ตั้งของเครื่องจักรกลหรือขอบเขตที่เครื่องจักรกลทำงานที่อาจเป็นอันตราย อย่างครบถ้วนแต่มีเพียงบางส่วนเท่านั้น คนงานที่ทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกลไม่มีการสวมใส่หมวกนิรภัย ถุงมือ แว่นตา หน้ากากเครื่องป้องกันเสียง รองเท้ายางหุ้มส้นและอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนอื่น ๆ ตามลักษณะของงานที่ปฏิบัติ โดยภาพรวมการแต่งกายของคนงานจัดว่าไม่รัดกุม





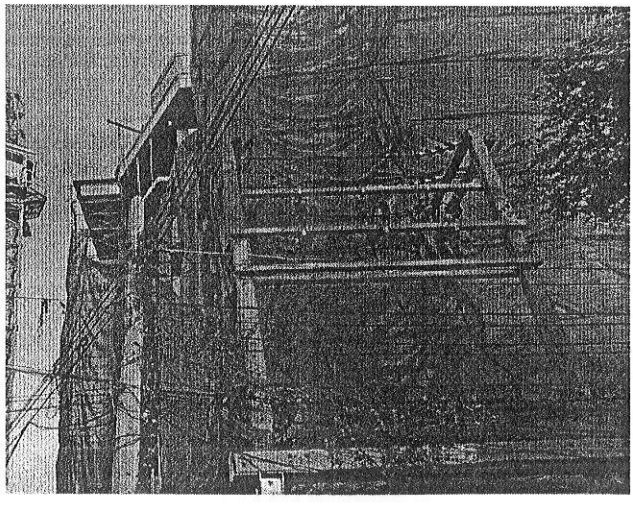
รูปที่ 4.2 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน โครงการก่อสร้างที่ 2

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน เนื่องจากโครงการก่อสร้างนี้เป็นอาคารสูง จึงจำเป็นต้องใช้นั่งร้านเพื่ออำนวยความสะดวกในการก่อสร้าง โดยนั่งร้านที่ใช้งานเป็นโครงสร้างเหล็กซึ่งมีสภาพที่สมบูรณ์ แข็งแรง เหมาะสมกับการใช้งาน โดยทำการติดตั้งนั่งร้านและยึดตรึงไว้กับตัวอาคาร เพื่อป้องกันการเซหรือล้ม และทำการรองรับน้ำหนักนั่งร้านด้วยวัสดุมวลรวมหยาบ แต่ไม่มีการติดตั้งราวกันตก มีข้อห้ามไม่ให้ทำงานเกี่ยวกับนั่งร้านในขณะมีพายุฝนโดยเด็ดขาด มีการติดตั้งแผ่นป้องกันวัสดุไม่ให้ตกหล่นมายังผู้ที่ทำงานอยู่ชั้นล่าง ในกรณีที่มีการทำงานบนนั่งร้านหลายชั้นพร้อมกัน การทำงานบนนั่งร้าน เช่น งานโครงสร้าง งานทาสี งานก่ออิฐ งานฉาบปูน มีการสวมใส่หมวกนิรภัยเพียงบางส่วน



รูปที่ 4.3 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น โครงการก่อสร้างที่ 2

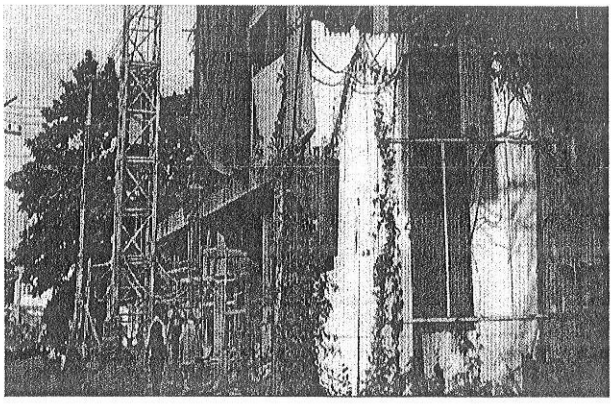
ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น ปั้นจั่นในโครงการนี้เป็นชนิดอยู่กับที่ ซึ่งได้ทำการติดตั้งบนฐานรากที่มั่นคงโดยมีวิศวกรที่เชี่ยวชาญเป็นผู้รับรอง ในส่วนของการควบคุมการทำงานของปั้นจั่นทางโครงการได้กำหนดให้ผู้มีความรู้เป็นผู้ควบคุม ตัวของปั้นจั่นมีบันไดพร้อมราวจับและโครงโลหะให้แก่ผู้ที่ทำงาน ในขณะที่ปั้นจั่นกำลังทำงานมีการติดตั้งสัญญาณเสียงเตือน ผู้ที่บังคับปั้นจั่นไม่ได้สวมเข็มขัดนิรภัยตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน และพบว่าในขณะที่ปั้นจั่นยกสิ่งของเคลื่อนไปในที่ต่าง ๆ มีคนงานเดินลอดผ่านใต้สิ่งของที่ยกข้ามศีรษะของบุคคลนั้น ไม่มีการทำเครื่องหมายแสดงเขตอันตรายในรัศมีการทำงานของปั้นจั่น



รูปที่ 4.4 ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลาย โครงการก่อสร้างที่ 2

ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลาย ทางโครงการมีการใช้นั่งร้านแต่ไม่มีการติดตั้งราวกันตก รวมถึงอุปกรณ์ป้องกันอื่น ๆ เช่น เข็มขัดนิรภัยและสายช่วยชีวิตให้แก่คนงานขณะทำงาน คนงานบางส่วนไม่สวมใส่หมวกนิรภัย โดยอ้างว่าทำให้

ไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน ซึ่งคนงานผู้นั้นก็จะได้รับการตักเตือนจากวิศวกรโครงการ ได้มีการป้องกันวัสดุกระเด็นตกหล่น โดยใช้ตาข่ายปิดคลุมโดยรอบ และมีการติดตั้งปล่องลำเลียงเศษวัสดุลงจากที่สูงลงสู่ชั้นล่าง มีการปิดป้ายประกาศเขตอันตรายในบริเวณที่มีการเหวี่ยง สาด เททิ้งและโยนวัสดุจากที่สูง



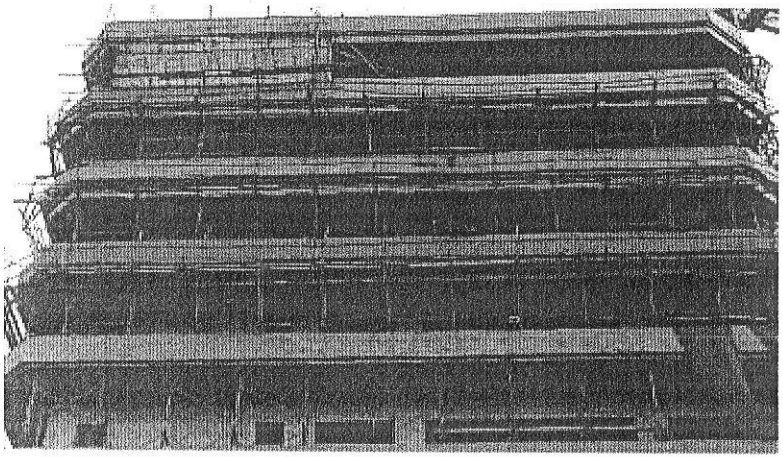
รูปที่ 4.5 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 2

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง จากลักษณะพื้นที่ก่อสร้างเป็นสถานที่ชุมชน มีผู้คนภายนอกสัญจร พลุกพล่าน มีการติดตั้งรั้วโดยรอบอย่างมิดชิด เป็นกำแพงคอนกรีตสามด้าน ส่วนด้านประตูทางเข้า-ออกเป็นสังกะสีที่เรียงชิดติดกัน มีการกำหนดเขตอันตรายโดยใช้รั้วหรือแผงกั้นป้องกันบริเวณเสี่ยงอันตราย พร้อมทั้งปิดป้ายประกาศเขตก่อสร้างอันตรายไว้อย่างชัดเจน และมีสัญญาณไฟสีแดงในเวลากลางคืน

โครงการก่อสร้างที่ 3

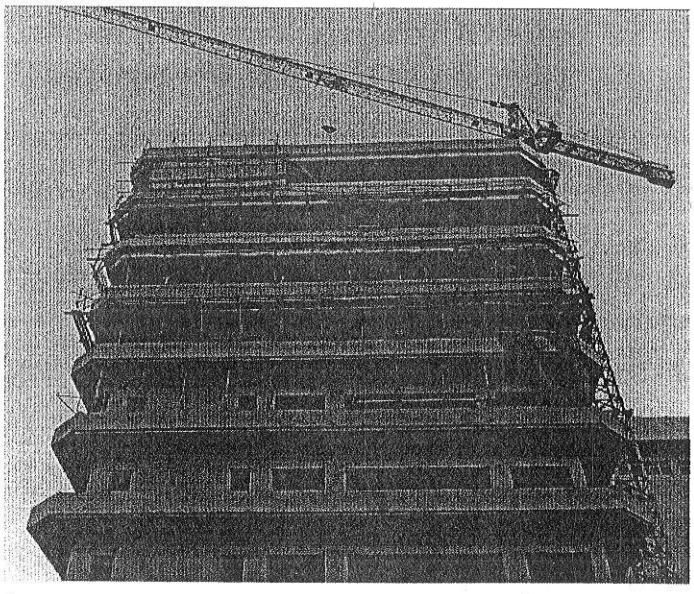
โครงการก่อสร้างอาคารผู้ป่วยใน (อายุรกรรม) สูง 9 ชั้น โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา ในช่วงที่ทำการสำรวจมีการดำเนินการไปแล้วร้อยละ 50 ขนาดของโครงการมูลค่า 105,000,000 บาท ผู้บริหารโครงการมีประสบการณ์ในการทำงานประมาณ 5 ปี มีความรู้ด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างพอสมควร เพราะได้เข้ารับการอบรมในด้านนี้เป็นครั้งคราว และมีเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยปฏิบัติงานประจำโครงการ ผู้บริหารโครงการมีการตักเตือนคนงานด้วยตนเองอยู่บ้างในกรณีที่ไม่เห็นว่าปลอดภัย

ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล จากการสำรวจ พบว่าเครื่องจักรกลที่ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่มีการป้องกันสายไฟฟ้าด้วยการใช้ท่อ PVC ร้อยสายและไม่ได้ทำการฝังดิน ส่วนเครื่องจักรที่มีการถ่ายทอดพลังงานโดยใช้เพลา สายพานและส่วนที่หมุน มีการใช้ตะแกรงปิดไว้เพื่อป้องกันอันตราย มีการปิดป้ายประกาศไว้ที่เครื่องจักรกลที่ชำรุดเสียหายและรอการซ่อมแซม โดยภาพรวมการแต่งกายของคนงานมีความรัดกุมเหมาะสมกับตามลักษณะของงานที่ปฏิบัติเพื่อความปลอดภัย



รูปที่ 4.6 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน โครงการก่อสร้างที่ 3

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน เนื่องจากโครงการก่อสร้างนี้เป็นอาคารค่อนสูง จึงจำเป็นต้องใช้นั่งร้านเพื่ออำนวยความสะดวกในการก่อสร้าง ในส่วนของนั่งร้านนั้นเป็นนั่งร้านโครงสร้างเหล็กซึ่งมีสภาพที่สมบูรณ์ แข็งแรง โดยทำการติดตั้งนั่งร้านและยึดตรึงไว้กับตัวอาคาร เพื่อป้องกันการเซหรือล้ม

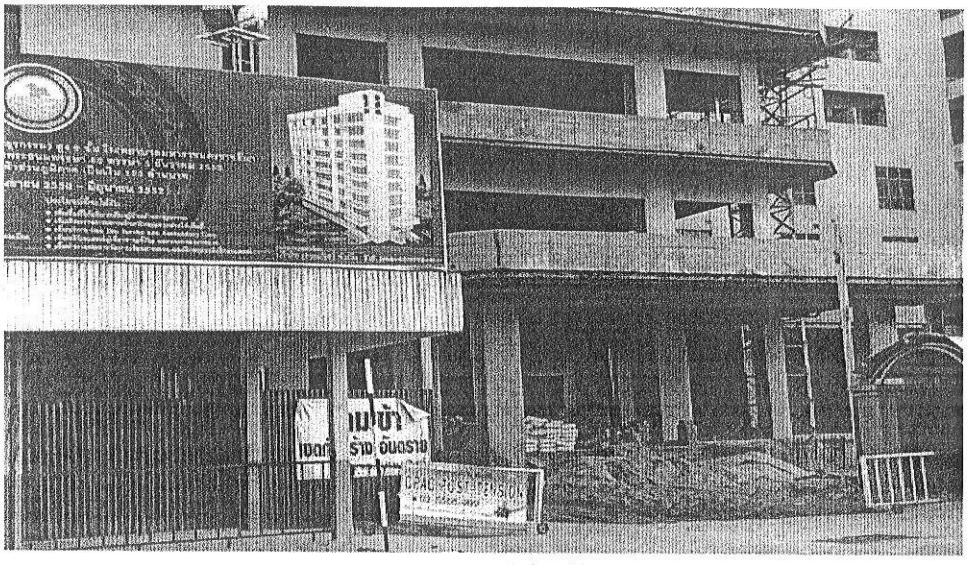


รูปที่ 4.7 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น โครงการก่อสร้างที่ 3

ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น จากโครงการก่อสร้างนี้ใช้ปั้นจั่นชนิดหอสูงอยู่กับที่ โดยให้ผู้มีความรู้เป็นผู้ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของปั้นจั่น ในขณะปั้นจั่นเคลื่อนที่จะมีการกำจัดสิ่งของที่กีดขวางการทำงานออกก่อน และขณะที่คนงานทำงานบนแขนของปั้นจั่น ไม่มีการสวมเข็มขัดนิรภัยในระหว่างการปฏิบัติงาน

ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลาย ทางโครงการก่อสร้างได้มีการจัดตั้งนั่งร้านกันตกพร้อมตาข่ายรอบล้อมอาคารและติดตั้งราวกันตก ในบริเวณที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง แต่คนงานไม่มีการสวมเข็มขัดนิรภัยและหมวกนิรภัยใน

ระหว่างการทำงาน ได้มีการจัดทำแผ่นกันวัสดุตกกระเด็น รวมถึงติดป้ายประกาศเขตอันตรายบริเวณที่มีการกระเด็นของวัสดุ



รูปที่ 4.8 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 3

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง มีการติดตั้งรั้วโดยรอบเขตก่อสร้าง พร้อมทั้งปิดป้ายประกาศเขตก่อสร้างอันตรายไว้อย่างชัดเจน นอกจากนี้บริเวณทางเข้า--ออกประตู ยังมีเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยคอยดูแล เพื่อป้องกันไม่ให้บุคคลภายนอกที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปในเขตก่อสร้าง

โครงการก่อสร้างที่ 4

โครงการก่อสร้างหมู่บ้านเอื้ออาทร การเคหะแห่งชาติ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เป็นการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยหลายชั้นจำนวนหลายอาคาร การก่อสร้างในช่วงเวลาที่ทำการสำรวจ ได้ดำเนินการไปแล้วประมาณร้อยละ 60 ขนาดของโครงการ 250,000,000 บาท ผู้บริหารมีความรู้ทางด้านความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้าง และมีเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยมาอบรมและตรวจสอบอยู่เป็นประจำ

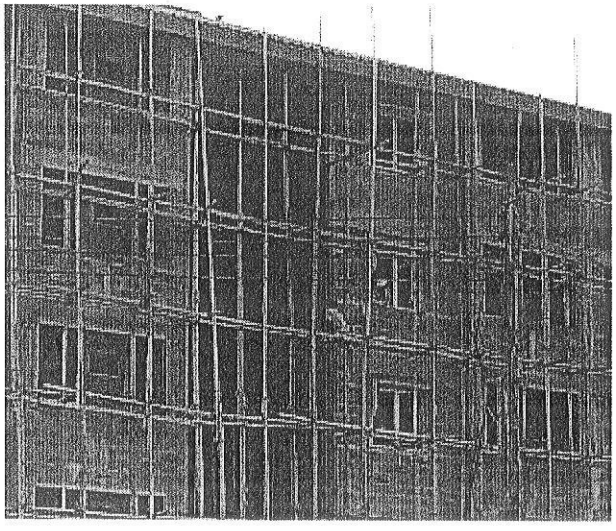
ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล ในส่วนของการใช้เครื่องจักรทั่วไป พบว่า คนที่ที่ทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรมักมีการแต่งที่ไม่รัดกุมและไม่เหมาะสม เช่น เสื้อผ้าขาดรุ่งริ่งและมีบางส่วนสวมใส่เสื้อแขนสั้นขณะทำงาน และยังขาดการใส่เครื่องป้องกันส่วนบุคคลอื่นๆ ตามสภาพและลักษณะงานที่ปฏิบัติ มีการสวมใส่รองเท้าแตะในการทำงานแทนการใส่รองเท้าพื้นยางหุ้มส้น ซึ่งจากการสำรวจพบว่าเครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้า มีการใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้าในการเก็บสายไฟฟ้าเพียงบางส่วน และพบว่าเครื่องจักรที่มีการถ่ายทอดพลังงานโดยใช้เพลา สายพาน มีการใช้ตะแกรงครอบส่วนที่หมุนได้ เพื่อป้องกันอันตราย ส่วนเครื่องจักรที่ใช้ในการลับ ฝนและแต่งผิวโลหะ มีเครื่องปิดบังประกายไฟและเศษวัสดุขณะทำงาน แต่คนงานไม่นิยมสวมใส่เครื่องป้องกันขณะทำงาน จากการสอบถามพบว่า นายจ้างมีการดูแลเกี่ยวกับเครื่องจักรโดยการตรวจสภาพเครื่องจักรก่อนใช้งาน และมีการใช้สัญญาณเตือนเครื่องจักร โดยใช้ผู้บอกสัญญาณเมื่อใช้งานเครื่องจักรที่กำลังเคลื่อนที่ มีการจัดทำป้ายเขตอันตรายในเขตพื้นที่ที่เครื่องจักร

ทำงาน จากการประเมินพบว่าความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับโครงการอื่น

รูปที่ 4.9 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน โครงการก่อสร้างที่ 4

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน มีการจัดทำนั่งร้านสำหรับงานก่อสร้าง ในการทำงานที่ระดับความสูงเกิน 2 เมตรขึ้นไป พบนั่งร้านที่ใช้มีสองชนิด เป็นนั่งร้านโครงสร้างเหล็กและนั่งร้านไม้ไผ่ สำหรับนั่งร้านไม้ไผ่สภาพทั่วไปของเนื้อไม้มีความสมบูรณ์ ไม่ผุเปื่อย มีรอยแตกร้าวเพียงบางส่วน และมีการรองรับนั่งร้านที่มั่นคงแข็งแรง ได้ทำการยึดโยงโครงสร้างนั่งร้านไม่ให้เกิดการเซและล้มได้เป็นอย่างดี และในขณะที่มีการใช้งานนั่งร้านพร้อมกันหลายชั้น ได้ทำการป้องกันวัสดุจากชั้นบนที่จะตกหล่นมายังผู้ที่ทำงานชั้นล่าง คนงานที่ทำงานบนนั่งร้านมีการแต่งกายไม่เหมาะสมกับลักษณะงานที่ทำ โดยคนงานมักไม่สวมเข็มขัดนิรภัยขณะทำงานบนนั่งร้าน และไม่สวมใส่รองเท้าหุ้มส้นขณะปฏิบัติงานบนนั่งร้าน

ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น ปั้นจั่นที่ใช้เป็นปั้นจั่นชนิดเคลื่อนที่ ในขณะที่ปั้นจั่นทำงาน ไม่มีการจัดทำเครื่องหมายแสดงเขตอันตรายภายในรัศมีโดยรอบของปั้นจั่นที่หมุนกวาดระหว่างทำงาน มีเพียงผู้ควบคุมคอยเตือนบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องไม่ให้เข้ามายังบริเวณที่ปั้นจั่นกำลังทำงาน มีการติดตั้งเครื่องดับเพลิงในบริเวณใกล้เคียง มีการจัดการสิ่งของที่ขวางหน้าปั้นจั่น ส่วนคนงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับปั้นจั่นมักไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยที่มีการจัดไว้ให้ตามลักษณะงาน



รูปที่ 4.10 ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลาย โครงการก่อสร้างที่ 4

ในส่วนของการป้องกันการตกจากที่สูง พบว่าได้มีการจัดอุปกรณ์ป้องกันให้แก่ลูกจ้าง แต่คนงานที่ทำงานโดดเดี่ยวบนที่สูงมักไม่สวมหมวกนิรภัย และละเลยการใช้เข็มขัดนิรภัยหรือมีการสวมใส่ไม่ตลอดระยะเวลาที่มีการทำงาน ส่วนการป้องกันวัสดุกระเด็น มีการจัดทำรางเพื่อลำเลี่ยงวัสดุจากที่สูง แต่ก็ยังมีบางส่วนที่ทำการโยนวัสดุลงมาจากที่สูง ไม่มีการจัดทำการป้ายประกาศแสดงเขตที่มีการเหวี่ยงทิ้งวัสดุที่ชัดเจน มีเพียงผู้ควบคุมดูแลบริเวณที่ทำงานเท่านั้น

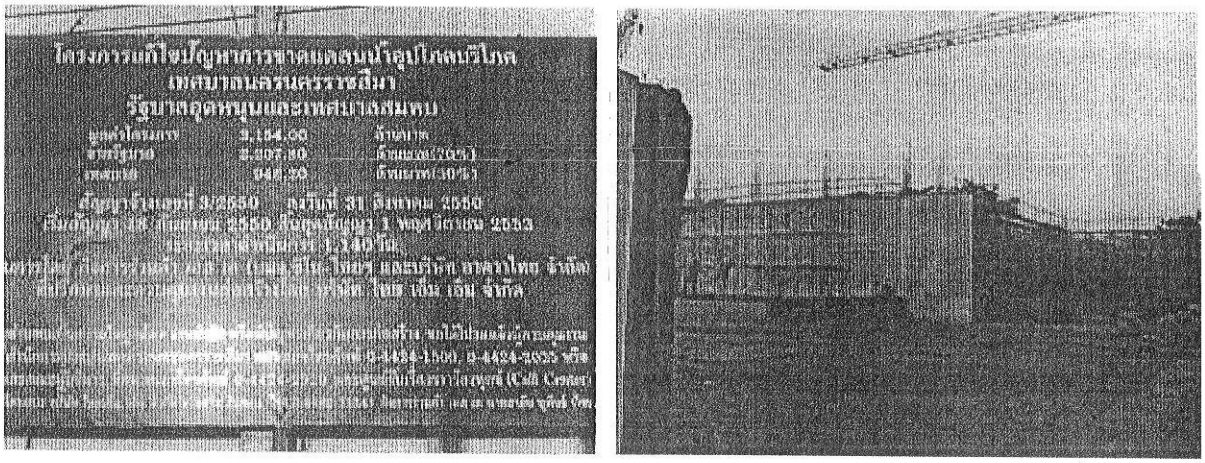
รูปที่ 4.11 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 4

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้างพบว่า โครงการมีพื้นที่กว้างมาก บริเวณด้านหน้าโครงการที่มีพื้นที่ติดถนนและชุมชน มีการทำรั้วกั้นพร้อมทั้งมีการแสดงป้ายเขตอันตรายไว้อย่างชัดเจน แต่บริเวณด้านอื่น ๆไม่มีรั้วแสดงเขตก่อสร้างที่ชัดเจน และพบว่ามีการสร้างที่พักอาศัยให้แก่คนงานใกล้อาคารที่กำลังก่อสร้าง พร้อมทั้งไม่มีนโยบายห้ามไม่ให้ลูกจ้างเข้าไปในอาคารก่อสร้างก่อนได้รับ

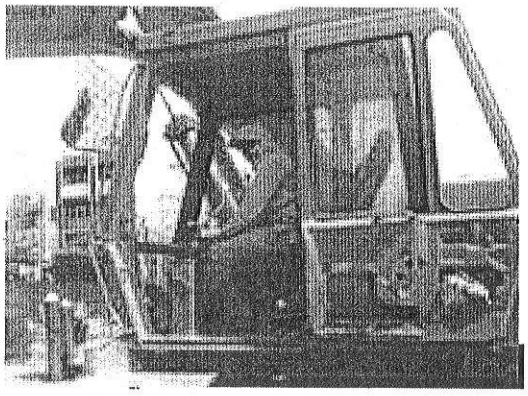
อนุญาต จากการประเมินมีความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้างน้อยเมื่อเทียบกับโครงการก่อสร้างอื่น

โครงการก่อสร้างที่ 5

โครงการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภคเทศบาลนครราชสีมา ในช่วงที่ทำการสำรวจมีการดำเนินการไปแล้วประมาณร้อยละ 30 ขนาดของโครงการมูลค่า 3,154 ล้านบาท ผู้บริหารมีประสบการณ์ในการทำงานมานาน มีความรู้ในด้านความปลอดภัยเป็นอย่างดีและเข้ารับการอบรมในด้านนี้อย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ผู้บริหารยังได้นำความรู้และแนวทางปฏิบัติที่ถูกต้องเกี่ยวกับความปลอดภัยในงานก่อสร้างมาถ่ายทอดให้แก่คนงานอยู่เป็นประจำ อีกทั้งยังได้หมั่นตรวจสอบและตักเตือนผู้ที่ทำผิดเกี่ยวกับความปลอดภัยในงานก่อสร้างของโครงการนี้ด้วยตนเองอยู่เป็นประจำ



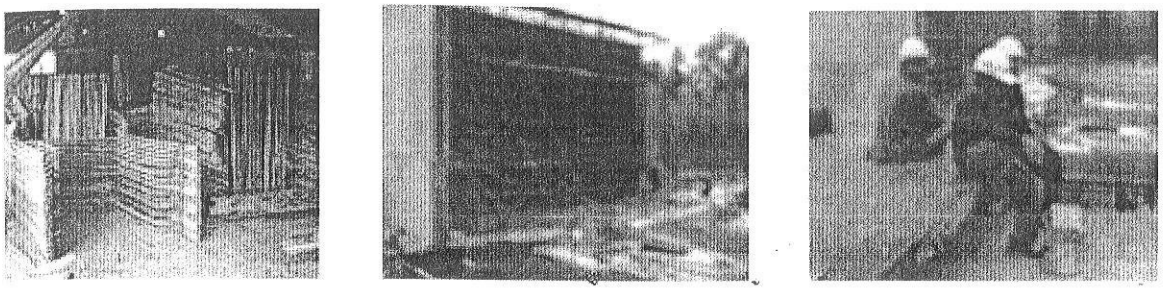
รูปที่ 4.12 โครงการก่อสร้างที่ 5



รูปที่ 4.13 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล โครงการก่อสร้างที่ 5

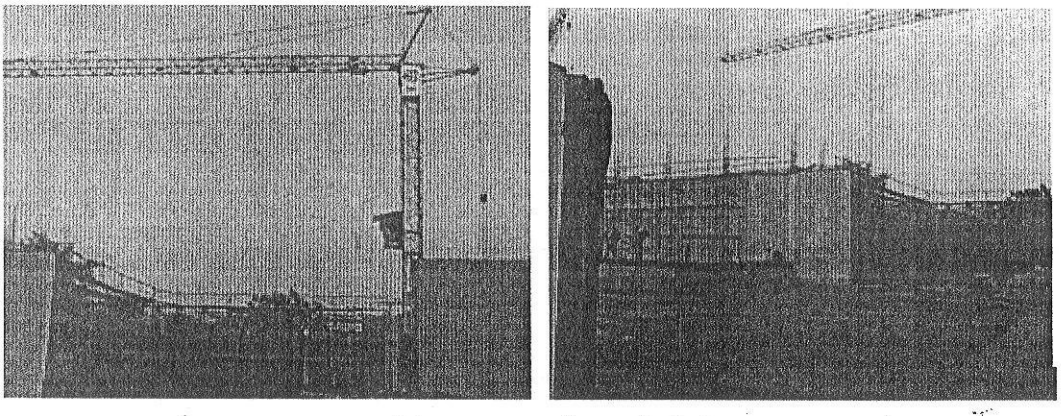
ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล เครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจะมีสายดินป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่ว มีการใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้าชนิดที่มีฉนวนหุ้มพิเศษ และเครื่องจักรชนิดอัตโนมัติจะมีเครื่องหมายปิด-เปิดที่สวิตช์ไว้อย่างชัดเจน มีเครื่องป้องกันไม่ให้กระทบกับสวิตช์ของเครื่องจักร ส่วนเครื่องจักรที่มีการถ่ายเทพลังงานโดยใช้เพลา สายพานและส่วนที่หมุนได้ มีการป้องกันโดยใช้ตะแกรงปิดไว้เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้น เมื่อตรวจพบเครื่องจักรชำรุดเสียหายจะทำการแจ้งซ่อมแซมโดยทันที

ทางโครงการก็ได้เขียนป้ายปิดประกาศแสดงเขตที่เครื่องจักรทำงานไว้อย่างชัดเจนทุกแห่ง ผลการประเมินโดยภาพรวมพบว่า ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกลของโครงการนี้ค่อนข้างดี



รูปที่ 4.14 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน โครงการก่อสร้างที่ 5

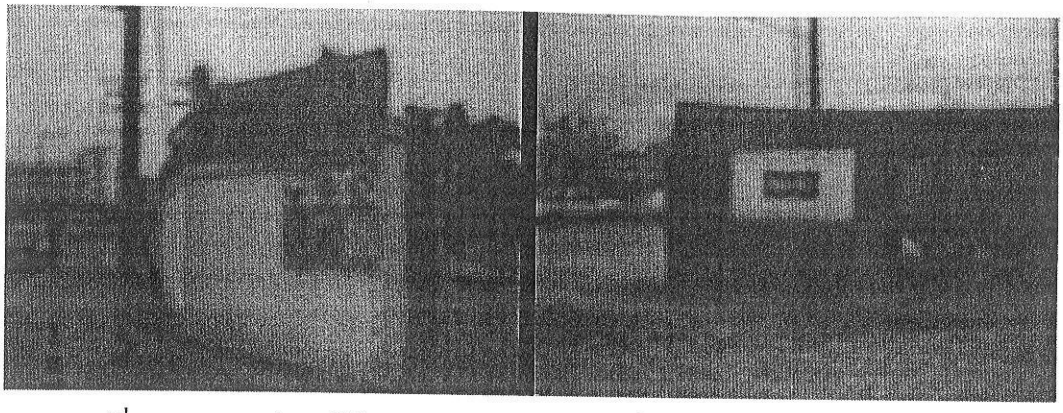
ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน โครงการก่อสร้างนี้เป็นถังเก็บน้ำขนาดใหญ่มีขนาดกำแพงสูงเกินสี่เมตร มีการใช้นั่งร้านแบบโครงสร้างเหล็กที่ติดตั้งพร้อมราวกันของตกจากพื้นนั่งร้านตลอดแนว สำหรับลูกจ้างที่ทำงานบนนั่งร้านมีการสวมใส่เครื่องนุ่งห่มเรียบร้อย รัดกุม ไม่ขาดรุ่งริ่ง สวมใส่หมวกนิรภัย ถุงมือ แว่นตา หน้ากาก เครื่องมือป้องกันเสียง รองเท้าหุ้มส้น ที่จำเป็นตลอดเวลาที่ทำงาน จากการประเมินการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้านของโครงการนี้มีความปลอดภัยสูง



รูปที่ 4.15 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น โครงการก่อสร้างที่ 5

ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น ปั้นจั่นของโครงการเป็นชนิดหอสูงอยู่กับที่ การติดตั้งปั้นจั่นยึดตรึงให้มั่นคง แข็งแรงโดยมีวิศวกรเป็นผู้รับรอง ในการใช้งานของปั้นจั่นทางโครงการได้จัดหาผู้ที่มีความรู้เป็นผู้ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของปั้นจั่น และขณะที่คนงานทำงานบนแขนของปั้นจั่น มีการจัดทำราวกันตกและสวมเข็มขัดนิรภัยตลอดเวลาการปฏิบัติงาน

ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลาย มีการจัดตั้งนั่งร้าน ราวกันตก และให้คนงานสวมใส่เข็มขัดนิรภัย หมวกนิรภัยตลอดระยะเวลาการทำงาน มีการจัดทำแผ่นกันวัสดุ รวมถึงติดป้ายประกาศเขตอันตรายบริเวณที่มีการกระเด็นของวัสดุ

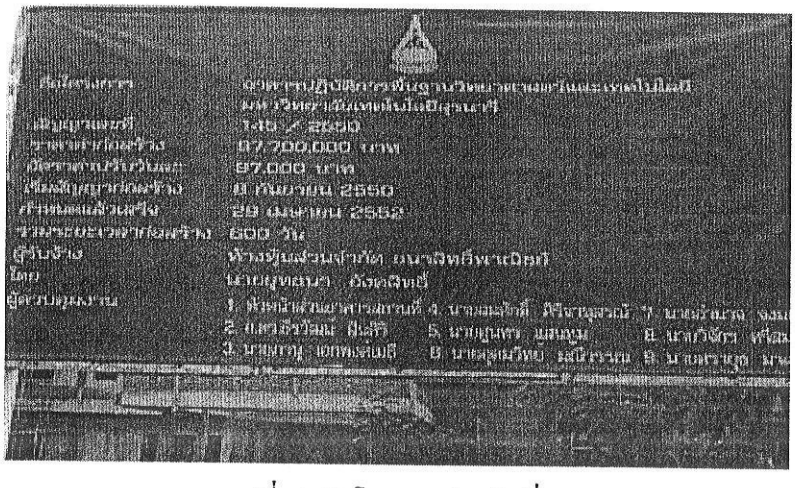


รูปที่ 4.16 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 5

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง มีการกำหนดเขตก่อสร้างอันตรายโดยใช้รั้วหรือแผงกั้นป้องกันพร้อมทั้งปิดป้ายประกาศเขตก่อสร้างอันตรายไว้อย่างชัดเจน มีสัญญาณไฟสีแดงในเวลากลางคืน นอกจากนี้บริเวณประตูทางเข้า-ออกยังมีเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยคอยดูแล เพื่อป้องกันไม่ให้บุคคลภายนอกที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปในเขตก่อสร้าง

โครงการก่อสร้างที่ 6

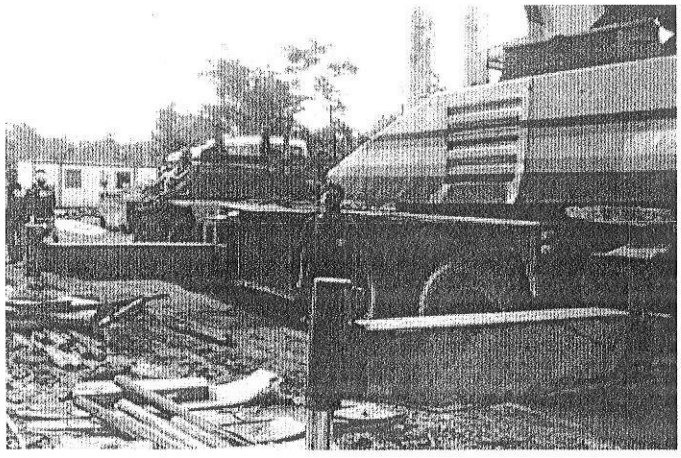
โครงการก่อสร้างอาคารปฏิบัติการพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ในช่วงเวลาที่ไปทำการสำรวจดำเนินการไปแล้วประมาณร้อยละ 70 ขนาดของโครงการ 97,700,000 บาท ผู้บริหารมีความรู้ทางด้านความปลอดภัยและได้อบรมทางด้านนี้โดยเฉพาะ บริษัทมีการจัดอบรมเป็นประจำทุกปี แต่ไม่มีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยประจำโครงการ สำหรับคนงานไม่มีการจัดอบรมทางด้านนี้เลยและไม่มีการจัดแจกอุปกรณ์ความปลอดภัย เช่น รองเท้าหุ้มส้น เข็มขัดและหมวกนิรภัยเป็นต้น นอกจากนี้ยังปล่อยให้บุคคลไม่เกี่ยวข้องเข้าไปในบริเวณก่อสร้างได้



รูปที่ 4.17 โครงการก่อสร้างที่ 6

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน ทางโครงการมีการใช้นั่งร้านโครงสร้างเหล็กซึ่งมีสภาพที่สมบูรณ์ แข็งแรง และทำการติดตั้งนั่งร้านโดยยึดตรึงไว้กับตัวอาคาร เพื่อป้องกันการเซหรือล้ม

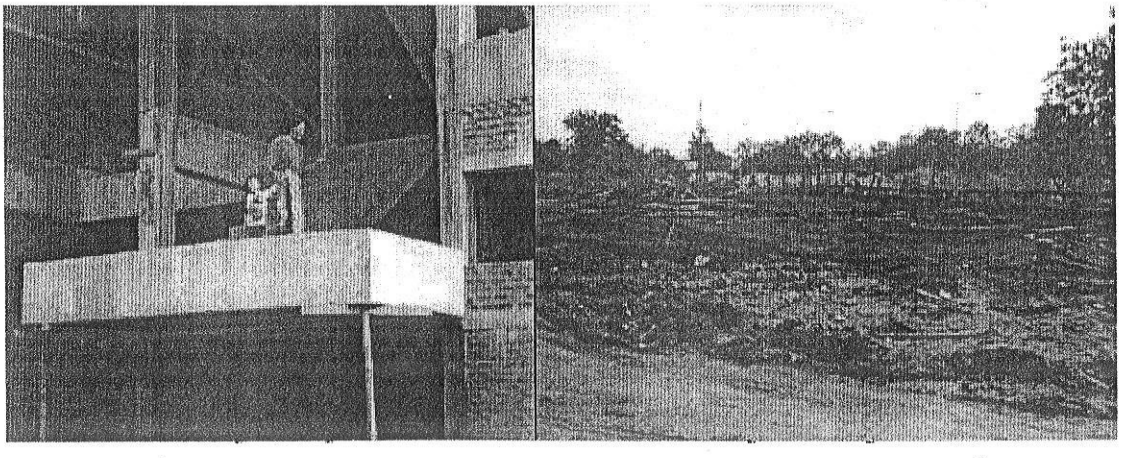
มีการรองรับนั่งร้านด้วยวัสดุมวลรวมหยาบอย่างเหมาะสม ส่วนการทำงานบนนั่งร้าน เช่น งานโครงสร้าง งานทาสี งานก่ออิฐ งานฉาบปูน ไม่มีการสวมใส่หมวกนิรภัย และมีการแต่งกายที่ไม่รัดกุม



รูปที่ 4.18 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น โครงการก่อสร้างที่ 6

ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น โครงการงนี้ใช้ปั้นจั่นชนิดเคลื่อนที่ ซึ่งมีสัญญาณเสียงและแสงไฟเตือนขณะทำงาน โดยจัดให้มีผู้ควบคุมการทำงานของปั้นจั่นที่มีความรู้ ขณะปั้นจั่นเคลื่อนที่จะมีการกำจัดสิ่งของที่กีดขวางการเคลื่อนที่ของปั้นจั่น

ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลาย มีการติดตั้งนั่งร้านและราวกันตก แต่ไม่มีเข็มขัดนิรภัยให้สวมใส่ในขณะทำงาน ในบริเวณที่มีวัสดุกระเด็นตกหล่นและเกิดการพังทลาย ไม่มีการติดตั้งแผ่นกันวัสดุร่วงหล่นและไม่มีรางลำเลียงวัสดุจากที่สูง รวมทั้งไม่มีการติดป้ายประกาศเขตอันตรายบริเวณที่มีการกระเด็นของวัสดุ ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างในที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลาย ของโครงการนี้ต่ำมาก



รูปที่ 4.19 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 6

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง จากลักษณะพื้นที่เป็นพื้นที่แบบเปิด ไม่มีผู้คนสัญจร พลุกพล่าน มีการกำหนดเขตอันตรายโดยใช้รั้วหรือตาข่ายรอบล้อมทั้งสี่ด้าน พร้อมทั้งปิดป้ายประกาศเขตก่อสร้างอันตราย ไม่มีสัญญาณไฟสีแดงในเวลากลางคืน มีการปล่อยปละละเลยให้

บุคคลภายนอกที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปในเขตก่อสร้างได้ ไม่มีเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยคอยดูแลบริเวณประตูทางเข้า-ออก จากการประเมินโดยภาพรวมแล้วนั้นความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้างของโครงการนี้ค่อนข้างต่ำ

โครงการก่อสร้างที่ 7

โครงการก่อสร้างอาคารบริการ อาคารเรียนรวม 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา มีการดำเนินงานก่อสร้างในช่วงเวลาที่สำรวจแล้วเสร็จประมาณร้อยละ 30 ขนาดของโครงการ 7,840,000 บาท ผู้บริหารได้อบรมด้านความปลอดภัย มีความรู้ทางวิชาการด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้าง แต่สำหรับคนงานไม่มีการจัดการอบรมด้านนี้ให้ และทางสถานประกอบการไม่มีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยเข้ามาตรวจและฝึกอบรม

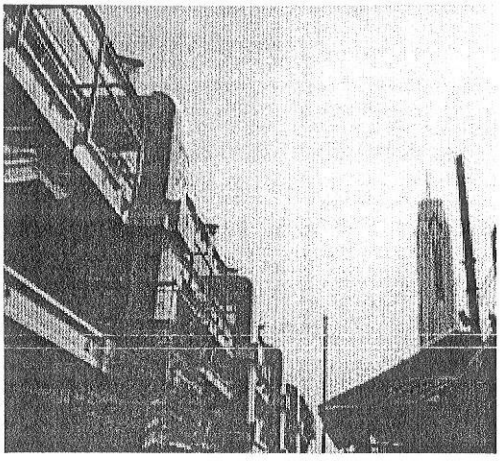
รูปที่ 4.20 โครงการก่อสร้างที่ 7

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน จากการสำรวจนั่งร้านที่ใช้ในโครงการเป็นนั่งร้านโครงสร้างเหล็กซึ่งมีสภาพที่สมบูรณ์ มีการประกอบและติดตั้งอย่างแข็งแรง โดยทำการยึดตรึงไว้กับตัวอาคารเพื่อป้องกันการเซหรือล้ม แต่ไม่มีการติดตั้งราวกันตก ส่วนการทำงานบนนั่งร้าน คนงานไม่มีการสวมหมวกนิรภัย ถุงมือ เข็มขัดนิรภัยหรืออุปกรณ์ปลอดภัยอื่น ๆที่เหมาะสมกับลักษณะงาน มีเพียงรองเท้าผ้าใบ ความปลอดภัยโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง จากลักษณะพื้นที่ของโครงการนี้เป็นพื้นที่แบบเปิด ห่างไกลจากชุมชน ไม่มีผู้คนสัญจรพลุกพล่าน รั้วกั้นที่ติดตั้งทำด้วยสังกะสีแผ่นที่มีการเว้นระยะเป็นช่วง ๆ ทำให้มองเห็นด้านในและวัสดุอาจกระเด็นออกมาข้างนอกได้ มีการกำหนดเขตอันตรายโดยใช้รั้วหรือแผงกั้นป้องกันบริเวณเสี่ยงอันตราย พร้อมทั้งมีป้ายประกาศเขตก่อสร้างอันตราย ไม่มีสัญญาณไฟสีแดงในเวลากลางคืน ไม่มีเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยคอยดูแลประตูทางเข้า-ออก การประเมินผลโดยภาพรวมความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้างของโครงการนี้อยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างอันตราย

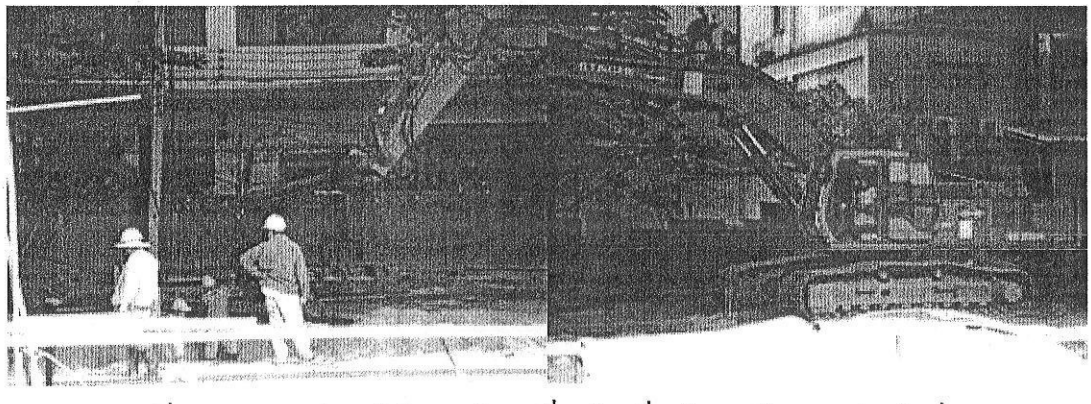
โครงการก่อสร้างที่ 8

โครงการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าพญาไท กรุงเทพมหานคร ในช่วงที่ทำการสำรวจได้ดำเนินการไปแล้วร้อยละ 70 ขนาดของโครงการรวมทั้งโครงการมูลค่า 25,900 ล้านบาท ผู้บริหารมีประสบการณ์ในการทำงานมานานและการได้เข้ารับอบรมด้านความปลอดภัยอยู่เสมอ ทำให้มีความรู้และแนวทางแก้ปัญหาด้านความปลอดภัย ทั้งในทางทฤษฎีและทางปฏิบัติเป็นอย่างดี และจากการที่บริษัทนี้เป็นองค์กรขนาดใหญ่ที่ได้ให้ความสำคัญและปลูกฝังทัศนคติเกี่ยวกับความปลอดภัยในการก่อสร้างเป็นอย่างดี ทำให้ผู้บริหารและคนงานมีความตื่นตัวและมีจิตสำนึกที่ดีเกี่ยวกับความปลอดภัยในงานก่อสร้าง



รูปที่ 4.21 โครงการก่อสร้างที่ 8

ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล สำหรับการใช้เครื่องจักรทั่วไป ได้มีการควบคุมคนงานให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามสภาพและลักษณะงานที่ปฏิบัติอย่างเคร่งครัด และสวมใส่เครื่องนุ่งห่มที่รัดกุม ไม่ขาดรุ่งริ่ง ส่วนคนงานที่มีผมยาวเกินสมควรได้ทำการการรวบผมเพื่อให้อยู่ในลักษณะที่ปลอดภัยต่อการทำงาน และไม่ใส่เรื่องประดับที่อาจเกี่ยวโยงกับเครื่องจักรขณะทำงาน มีการตรวจดูสภาพเครื่องจักรให้เรียบร้อยทุกครั้งก่อนการใช้งาน ส่วนเครื่องจักรกลที่เคลื่อนที่ได้จะกำหนดให้ผู้ขับต้องสามารถมองเห็นข้างหลังได้ และเครื่องจักรที่จำเป็นต้องทำงานใกล้สายไฟฟ้า จะถูกกำหนดให้มีระยะห่างที่เหมาะสม เนื่องจากลักษณะพื้นที่ทำงานมีความจำกัด ติดกับแหล่งชุมชนและถนน ได้มีการแสดงเขตอันตรายในบริเวณที่เครื่องจักรทำงานอย่างครบถ้วน ได้รับการประเมินผลความปลอดภัยในระดับที่สูง



รูปที่ 4.22 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล โครงการก่อสร้างที่ 8

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน มีการใช้นั่งร้านแบบโครงสร้างเหล็กที่มีความมั่นคงแข็งแรงไม่มีการผุกร่อนของเนื้อวัสดุ โดยการติดตั้งจะยึดโครงสร้างนั่งร้านติดกับตัวสถานีรถไฟฟ้า และรองรับนั่งร้านด้วยฐานรากที่มั่นคง และคนงานที่ทำงานบนนั่งร้านมีการแต่งกายเหมาะสมตามลักษณะงานที่ปฏิบัติ มีความปลอดภัยค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับโครงการอื่น ๆ

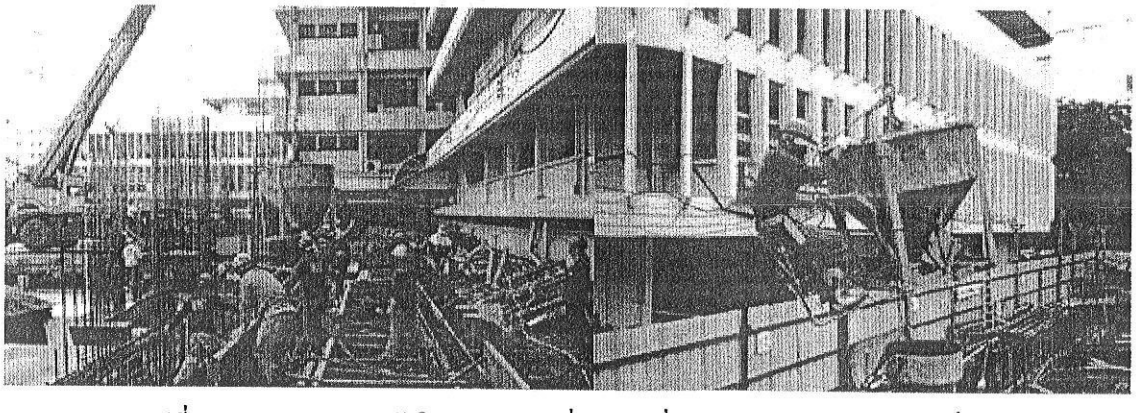
ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น มีการใช้ปั้นจั่นชนิดเคลื่อนที่ ซึ่งมีสัญญาณเสียงและแสงไฟเตือนขณะทำงาน มีผู้ที่มีความรู้เป็นผู้ควบคุมการทำงานของปั้นจั่น โดยขณะปั้นจั่นเคลื่อนที่จะมีการกำจัดสิ่งของที่กีดขวางการเคลื่อนที่ของปั้นจั่น

ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลาย มีการจัดตั้งนั่งร้านและราวกันตกในบริเวณที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง และให้คนงานสวมใส่เข็มขัดนิรภัยตลอดการทำงาน ในบริเวณที่มีวัสดุกระเด็นตกหล่นและเกิดการพังทลาย มีการติดตั้งแผ่นกันวัสดุและรางลำเลียงวัสดุจากที่สูง รวมถึงติดป้ายประกาศเขตอันตรายบริเวณที่มีการกระเด็นของวัสดุ

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง มีการกำหนดเขตก่อสร้างและทำรั้วกันตลอดทั้งโครงการก่อสร้าง เพื่อแสดงให้เห็นบริเวณที่เป็นเขตก่อสร้างที่ชัดเจน โดยรั้วที่กันใช้วัสดุสังกะสีปิดตลอดแนว โดยไม่มีการเว้นห่างระหว่างแผ่นวัสดุ โดยมีความสูงในระดับที่บุคคลภายนอกไม่สามารถมองเข้ามาภายในโครงการก่อสร้าง พร้อมทั้งแสดงป้ายเขตก่อสร้างอันตราย และมีสัญญาไฟสีแดงแสดงในเวลากลางคืน ทั้งนี้มีเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยอยู่ประจำทางเข้าและออกของโครงการ เพื่อป้องกันบุคคลภายนอกที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปในโครงการก่อสร้างโดยมิได้รับอนุญาต และไม่อนุญาตให้คนงานเข้าพักอาศัยในอาคารที่กำลังก่อสร้าง แต่มีการสร้างที่พักคนงานในบริเวณเขตก่อสร้าง ซึ่งมีค่าความปลอดภัยสูงเมื่อเทียบกับโครงการอื่น ๆ

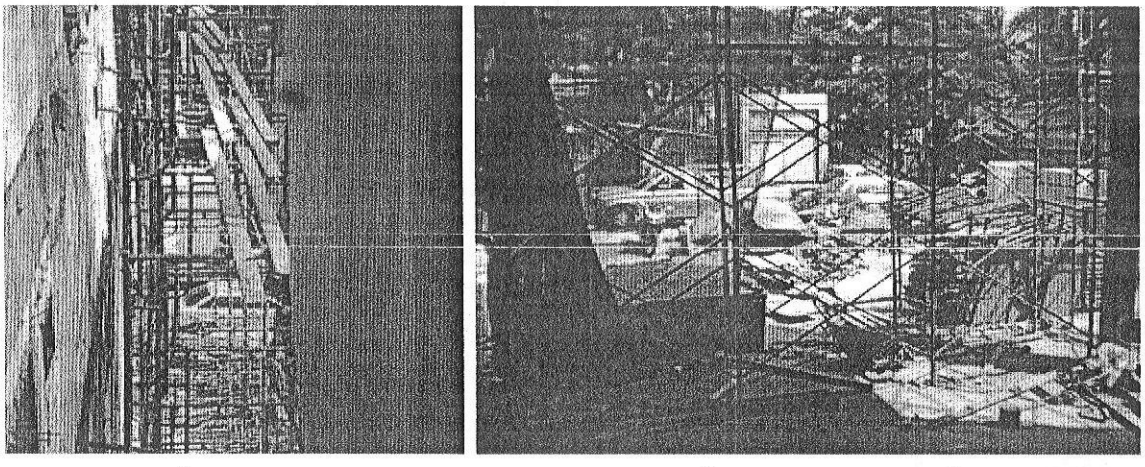
โครงการก่อสร้างที่ 9

โครงการก่อสร้างอาคารเรียนคณะสาธารณสุขศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร ในช่วงเวลาที่ทำการสำรวจมีการดำเนินการไปแล้วประมาณร้อยละ 70 ขนาดของโครงการมูลค่า 95,000,000 บาท ผู้บริหารมีประสบการณ์ในการทำงานประมาณ 5 ปี ได้มีโอกาสเข้ารับการอบรมเกี่ยวกับความปลอดภัยในงานก่อสร้างอยู่เป็นครั้งคราว และปฏิบัติตนเป็นแบบอย่างที่ดีในโครงการและคอยตักเตือนคนงานเป็นครั้งคราว มีเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยประจำโครงการ



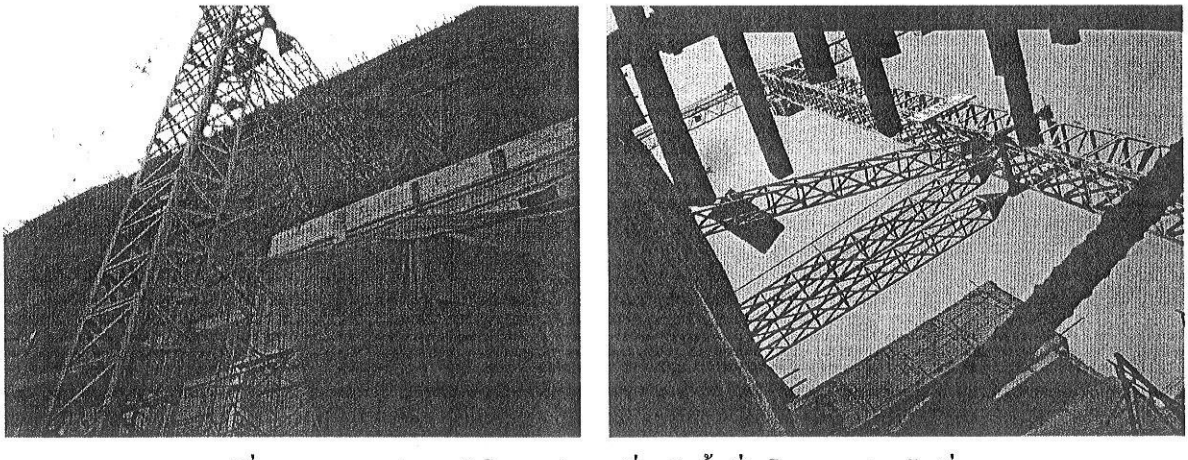
รูปที่ 4.23 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล โครงการก่อสร้างที่ 9

ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล สำหรับเครื่องจักรกลที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามีการป้องกันโดยใช้ท่อ PVC ร้อยสายไฟฟ้า แต่มีสายไฟบางส่วนที่ทางโครงการไม่ได้ทำการป้องกันโดยท่อร้อยสายและไม่ได้ทำการฝังดิน ส่วนเครื่องจักรที่มีการถ่ายทอดพลังงานโดยใช้เพลา สายพานและส่วนที่หมุนมีการใช้ตะแกรงปิดไว้เพื่อป้องกันอันตราย ป้ายประกาศไว้ที่เครื่องจักรกลที่ชำรุดเสียหาย ไม่มีการติดสัญลักษณ์แสดงเขตที่เครื่องจักรกลทำงานที่อาจเป็นอันตรายไว้อย่างครบถ้วน มีเพียงบางส่วนเท่านั้น คนงานที่ทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกลมีการสวมใส่หมวก ถุงมือ แว่นตา หน้ากาก เครื่องป้องกันเสียง รองเท้ายางหุ้มส้น และอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนอื่น ๆ ตามลักษณะของงานที่ปฏิบัติ โดยภาพรวมการแต่งกายของคนงานถือว่ารัดกุม มีความปลอดภัยในการทำงานที่ดี



รูปที่ 4.24 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน โครงการก่อสร้างที่ 9

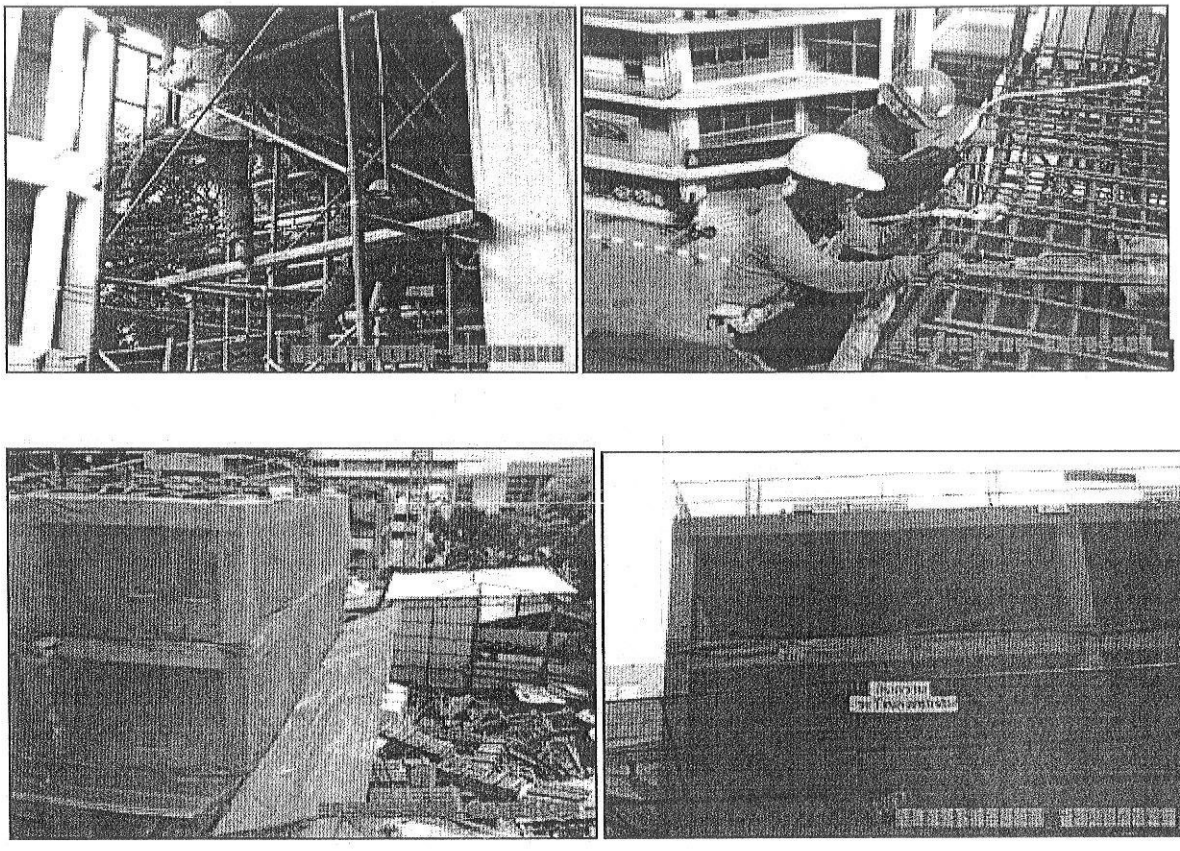
ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน มีการใช้นั่งร้านแบบโครงสร้างเหล็กซึ่งมีสภาพที่เหมาะสม และทำการติดตั้งนั่งร้านโดยตรึงไว้กับตัวอาคารเพื่อป้องกันการเซหรือล้ม คนงานที่ทำงานบนนั่งร้านมีการแต่งกายด้วยอุปกรณ์ชุดรัดกุม และสวมอุปกรณ์ที่จำเป็นตามลักษณะงาน



รูปที่ 4.25 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น โครงการก่อสร้างที่ 9

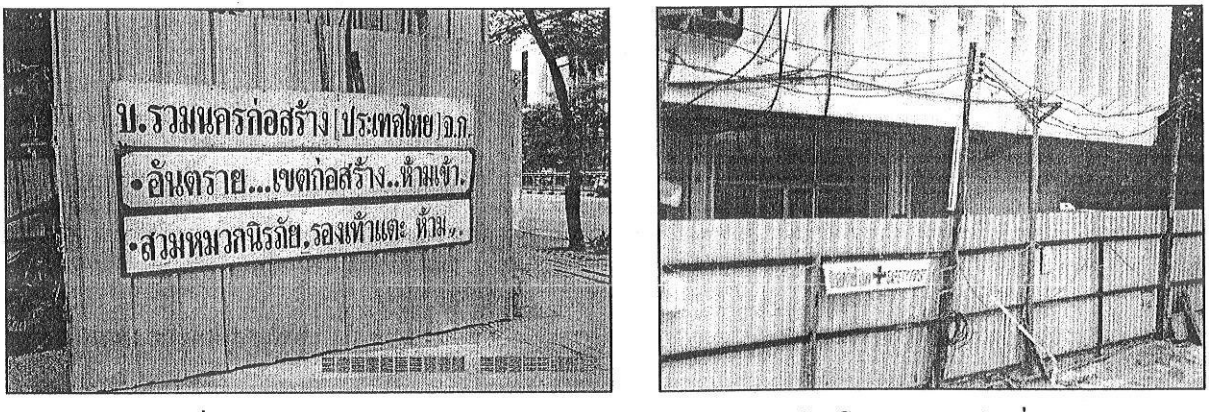
ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่น ปั้นจั่นในโครงการนี้เป็นชนิดอยู่กับที่ ทำการติดตั้งบนฐานรากที่มั่นคงโดยมีวิศวกรที่เชี่ยวชาญเป็นผู้รับรอง ตัวของปั้นจั่นต้องมีบันไดพร้อมราวจับและโครงโลหะให้แก่คนงานที่ทำงาน คนงานที่บังคับปั้นจั่นมีการสวมใส่เข็มขัดนิรภัยและสายชูชีพตลอดเวลาที่มีการ

ปฏิบัติงาน พบว่ามีบุคคลอยู่ใต้สิ่งของที่ปั้นจั่นกำลังยก และเคลื่อนที่ข้ามศีรษะของบุคคลนั้นไป ซึ่งเป็นการปฏิบัติที่อันตรายเป็นอย่างมาก ไม่มีการทำเครื่องหมายแสดงเขตอันตรายภายในรัศมีส่วนที่กางหมุนของปั้นจั่น



รูปที่ 4.26 ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลาย โครงการก่อสร้างที่ 9

ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลาย มีการติดตั้นนั่งร้านและราวกันตกในบริเวณที่เสี่ยงอันตราย รวมถึงคนงานสวมใส่อุปกรณ์ป้องกัน เช่น เข็มขัดนิรภัยและสายช่วยชีวิตขณะทำงาน ที่จัดเตรียมไว้ให้อย่างเคร่งครัด



รูปที่ 4.27 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 9

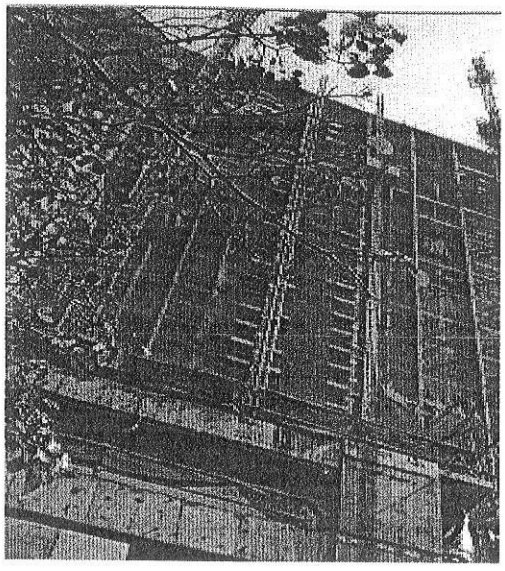
ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง ลักษณะขอบเขตของโครงการมีด้านหลังและด้านข้างทั้งสองข้างเป็นกำแพงคอนกรีต ส่วนด้านหน้าจะปิดกั้นด้วยรั้วทำด้วยแผ่นสังกะสี บริเวณทางเข้า-ออกมีประตูปิด-เปิดอย่างมิดชิด พร้อมทั้งป้ายประกาศเขตก่อสร้างอันตรายไว้อย่างชัดเจน มีการกำหนดเขตอันตรายโดยการใช้รั้วและแผงกั้นโดยรอบบริเวณที่เสี่ยง มีไฟสัญญาณสีแดงในเวลากลางคืน มีเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยคอยดูแลบริเวณทางเข้าออก เพื่อป้องกันบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปในเขตก่อสร้าง รวมถึงไม่อนุญาติให้คนงานเข้าไปในยามวิกาล ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้างของโครงการนี้อยู่ในระดับดี

โครงการก่อสร้างที่ 10

โครงการก่อสร้างคอนโดมิเนียมสูง 44 ชั้น ราชเทวี กรุงเทพมหานคร ในช่วงที่ทำการสำรวจโครงการได้ดำเนินการไปแล้วประมาณร้อยละ 55 ขนาดของโครงการมูลค่า 292 ล้านบาท ผู้บริหารมีประสบการณ์ทำงานมานาน และบริษัทก็มีความใส่ใจและมีมาตรฐานของความปลอดภัย ผู้บริหารได้เข้ารับการอบรมและศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับความปลอดภัยในการก่อสร้างอยู่เสมอ มีเจ้าหน้าที่เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยอยู่ประจำในจำนวนเป็นไปตามข้อกำหนด ผู้บริหารเองก็ยังใส่ใจต่อความปลอดภัยเป็นอย่างดีและสม่ำเสมอ

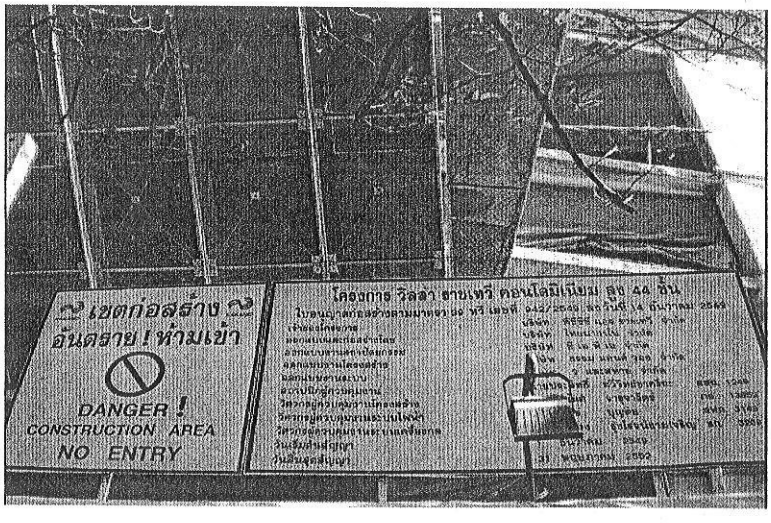
ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร คนงานที่ทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรมีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายตามลักษณะการทำงานกับเครื่องจักรแต่ละประเภท ซึ่งโครงการก่อสร้างส่วนใหญ่จะมีการแต่งกายด้วยชุดรัดกุม ไม่ขาดรุ่งริ่ง สำหรับเครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่จำเป็นต้องเดินสายไฟมาจากที่สูง มีการเก็บสายไฟรวมกันดี แต่ไม่มีการหุ้มด้วยท่อร้อยสายให้เรียบร้อย ส่วนของเครื่องจักรที่มีการหมุนได้มีการครอบด้วยตะแกรงเหล็กเพื่อป้องกันอันตรายเป็นส่วนใหญ่ และเครื่องจักรที่มีการชำรุดและต้องทำการซ่อมแซม ได้มีการทำป้ายประกาศไว้ห้ามการใช้งาน และมีการตรวจสอบดูแลสภาพเครื่องจักรทุกวันก่อนการใช้งาน สำหรับเครื่องจักรที่เคลื่อนที่ได้ ผู้ขับจะสามารถมองเห็นด้านหลังได้ หรือหากมองไม่เห็นจะมีผู้บอกสัญญาณให้ มีการปฏิบัติงานในระยะห่างที่ปลอดภัยจากสายส่งกระแสไฟฟ้า และมีการจัดทำป้ายแสดงเขตอันตรายบริเวณเขตที่เครื่องจักรกำลังทำงาน

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน มีการใช้นั่งร้านเหล็กที่มีสภาพที่ดี ไม่มีการผุกร่อนของเนื้อวัสดุ โดยมีการใช้นั่งร้านทั้งภายในและนอกอาคาร คนงานที่ทำงานบนนั่งร้านมีการแต่งกายเหมาะสมตามลักษณะงานที่ปฏิบัติ พบว่าความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างเกี่ยวกับนั่งร้านค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับโครงการอื่น ๆ



รูปที่ 4.28 ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลาย โครงการก่อสร้างที่ 10

ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลาย มีการติดตั้งนั่งร้านและราวกันตกในบริเวณที่เสี่ยงอันตรายหรือพื้นที่ปฏิบัติงานสูงกว่าพื้นดินเกินสองเมตรขึ้นไป พร้อมทั้งให้คนงานสวมใส่เข็มขัดนิรภัยตลอดการทำงาน มีการจัดทำแผ่นกันวัสดุในบริเวณที่มีวัสดุกระเด็นตกหล่นและเกิดการพังทลาย และมีการจัดทำรางลำเลียงวัสดุจากที่สูง รวมถึงติดป้ายประกาศเขตอันตรายบริเวณที่มีการกระเด็นของวัสดุ

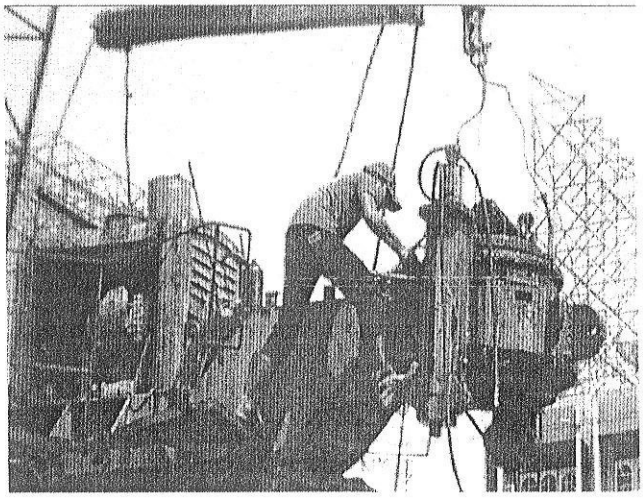


รูปที่ 4.29 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 10

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง มีการติดตั้งรั้วโดยรอบเพื่อกำหนดเขตก่อสร้างที่ชัดเจน โดยรั้วทำด้วยแผ่นสังกะสี ไม่มีการเว้นห่างระหว่างแผ่นและมีความสูงเกินระดับสายตาของบุคคลภายนอกที่จะมองเข้าไปภายในโครงการก่อสร้าง มีป้ายแสดงเขตก่อสร้างอันตราย และมีสัญญาไฟสีแดงแสดงในเวลากลางคืน มีเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยอยู่ประจำทางเข้าออกโครงการ และไม่อนุญาตให้คนงานเข้าพักอาศัยในอาคารที่กำลังก่อสร้าง แต่มีการสร้างที่พักคนงานในบริเวณเขตก่อสร้าง

โครงการก่อสร้างที่ 11

โครงการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าอุดมสุข กรุงเทพมหานคร ในช่วงเวลาที่ทำการสำรวจ มีความก้าวหน้าในการดำเนินการไปแล้วประมาณร้อยละ 80 ขนาดของโครงการรวมทั้งโครงการมูลค่า 4,520 ล้านบาท ผู้บริหารมีประสบการณ์ในการทำงานสูง มีความรู้ในด้านความปลอดภัยเป็นอย่างดีและยังได้เข้ารับการอบรมด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างอยู่เสมอ ทั้งนี้ยังได้ถ่ายทอดความรู้ด้านความปลอดภัยให้แก่วิศวกรรุ่นน้องและคนงานในโครงการด้วยเป็นประจำ และมีเจ้าหน้าที่เจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยประจำโครงการตามจำนวนกำหนด

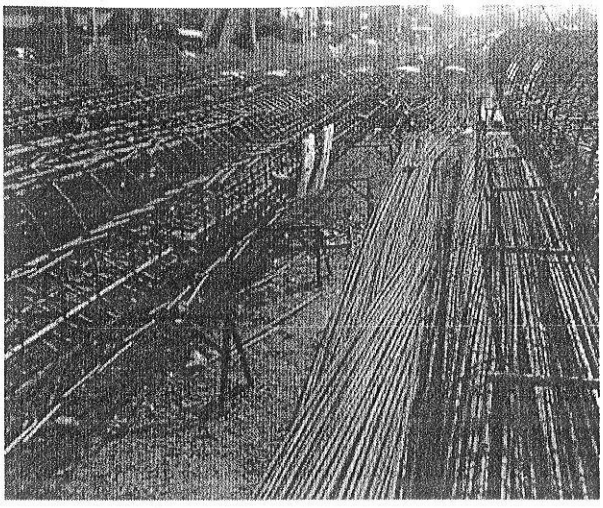


รูปที่ 4.30 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร โครงการก่อสร้างที่ 11

ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร คนงานที่ทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรมีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายตามลักษณะการทำงานกับเครื่องจักรแต่ละประเภท คนงานมีการแต่งกายด้วยชุดที่รัดกุมในการทำงาน สำหรับเครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้า มีการเก็บสายไฟรวมกันดี แต่ไม่มีการหุ้มด้วยท่อร้อยสายให้เรียบร้อย มีการตรวจสอบดูแลสภาพเครื่องจักรทุกวันก่อนการใช้งาน

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน มีการใช้นั่งร้านแบบโครงสร้างเหล็กซึ่งมีสภาพที่ดี คนงานที่ทำงานบนนั่งร้านมีการแต่งกายด้วยอุปกรณ์ชุดรัดกุม และอุปกรณ์จำเป็นสำหรับลักษณะงานต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ดี

ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลาย ทางโครงการก่อสร้างได้มีจัดให้คนงานสวมเข็มขัดนิรภัยตลอดการทำงานในบริเวณที่เสี่ยงอันตราย และในบริเวณที่มีวัสดุกระเด็นตกหล่นและเกิดการพังทลาย มีการติดตั้งแผ่นกันวัสดุและป้ายประกาศเขตอันตรายจากการกระเด็นของวัสดุ



รูปที่ 4.31 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง โครงการก่อสร้างที่ 11

ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง เนื่องจากโครงการนี้มีพื้นที่ก่อสร้างเป็นระยะทางยาวมาก การกำหนดขอบเขตการก่อสร้างจึงเน้นไปที่ที่เป็นแหล่งชุมชนและบริเวณที่มีการสัญจรพลุกพล่าน มีการติดป้ายประกาศเขตก่อสร้างตลอดโครงการที่ชัดเจน มีการสร้างที่พักคนงานในบริเวณเขตก่อสร้าง

4.2.2 สภาพความปลอดภัยตามหัวข้อรายการตรวจสอบ

ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล จากการสำรวจไม่มีข้อมูลจากโครงการก่อสร้างที่ 6 และ 7 รายการที่ไม่มีการปฏิบัติและตรวจพบมากคือ ไม่มีการปิดป้ายประกาศขณะที่ทำการติดตั้งหรือซ่อมแซมเครื่องจักรกล และไม่จัดทำรั้ว คอกกั้น หรือเส้นแสดงเขตอันตรายรอบที่ตั้งหรือที่ทำงานของเครื่องจักรที่อาจเป็นอันตรายให้ชัดเจนครบทุกแห่ง

ความปลอดภัยในการทำงานว่าด้วยนั่งร้าน พบว่ารายการที่ไม่มีการปฏิบัติและตรวจพบมากคือ ไม่ติดตั้งราวกันตกตลอดแนวยาวด้านนอกของนั่งร้าน ไม่ติดตั้งผ้าใบปิดรอบนอกของนั่งร้านเพื่อป้องกันวัสดุตกหล่น กรณีที่มีการทำงานบนนั่งร้านหลาย ๆชั้นพร้อมกันไม่จัดให้มีสิ่งป้องกันอันตรายต่อผู้ที่ทำงานอยู่ชั้นล่าง ไม่มีการปูพื้นนั่งร้านทีมั่นคงแข็งแรงยึดกับตงให้แน่น

ความปลอดภัยในการทำงานว่าด้วยการทำงานเกี่ยวกับปั่นจั่น ไม่มีข้อมูลจากการสำรวจโครงการก่อสร้างที่ 1 และ 7 ซึ่งรายการไม่มีการปฏิบัติและตรวจพบมากคือ คนงานไม่สวมใส่เข็มขัดนิรภัยและสายช่วยชีวิตตลอดระหว่างการปฏิบัติงาน และพบว่ามีการยกสิ่งของด้วยปั่นจั่นเคลื่อนที่ข้ามศีรษะบุคคลที่อยู่ข้างใต้

ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลาย ไม่มีข้อมูลจากการสำรวจโครงการก่อสร้างที่ 7 ซึ่งรายการที่ไม่มีการปฏิบัติและตรวจพบมากคือ ช่องเปิดในอาคารที่กำลังก่อสร้างไม่ได้ถูกปิดกั้นไว้ด้วยแผ่นกั้นที่แข็งแรงให้เรียบร้อย บริเวณโดยรอบอาคารชั้นสูง ๆที่ยังไม่ได้ก่อสร้างผนังไม่มีการติดตั้งราวกันตกและไม่ติดตั้งตาข่ายคลุมเพื่อป้องกันวัสดุตกหล่นลงด้านล่าง รวมทั้งพบว่าสถานที่ก่อสร้างที่ติดกับทางสัญจรสาธารณะไม่มีหลังคาคลุมทางเดิน

ความปลอดภัยในการทำงานว่าด้วยเขตก่อสร้าง แบ่งเขตก่อสร้างออกเป็น 2 ลักษณะคือ พื้นที่เปิดที่อยู่ไกลแหล่งชุมชน ไม่มีการจราจรพลุกพล่าน พบว่ารายการที่ไม่ปฏิบัติตามคือ ปล่อยปละละเลยให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปยังเขตก่อสร้างและยินยอมให้คนงานเข้าพักอาศัยในเขตอาคารที่กำลังก่อสร้าง อีกลักษณะคือพื้นที่ปิดที่อยู่ใกล้แหล่งชุมชน มีการจราจรพลุกพล่าน จะพบว่ามีการแสดงเขตก่อสร้างอย่างชัดเจน กำหนดเขตอันตรายในงานก่อสร้างโดยจัดให้มีรั้วหรือแผงกั้น เขียนป้ายแจ้งเขตอันตรายและมีสัญญาณไฟสีแดงแสดงตลอดเวลา

4.2.3 ผลคะแนนจากแบบประเมินประเภทที่ 1

ข้อมูลผลการสำรวจกลุ่มตัวอย่างทั้ง 11 โครงการรวบรวมแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าคะแนนความปลอดภัยจากแบบประเมินประเภทที่ 1

รายการหัวข้อการตรวจสอบ	คะแนนเต็ม	โครงการก่อสร้าง											คะแนนเฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1. เครื่องจักรกล	64	46	43	46	36	59	-	-	53	51	48	43	47.2
2. นั่งร้าน	88	56	58	68	61	88	58	55	80	73	76	74	67.9
3. ปั้นจั่น	48	-	30	37	28	45	33	-	44	42	40	39	37.6
4. การตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่น และการพังทลาย	28	17	17	19	15	22	14	-	26	24	24	22	20.0
5. เขตก่อสร้าง	20	15	13	17	11	18	13	9	19	18	18	19	15. 5
คะแนนรวม	248	134	161	187	151	232	118	64	222	208	206	197	

หมายเหตุ: "-" หมายถึงไม่มีข้อมูล บางโครงการอาจมีรายการตรวจสอบไม่ครบทุกหัวข้อตามแบบประเมิน เนื่องจากไม่มีกิจกรรมก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับความอันตรายนั้นที่กำลังดำเนินการอยู่ในช่วงเวลาที่สำรวจ

ตารางที่ 4.2 ค่าคะแนนร้อยละความปลอดภัยจากแบบประเมินประเภทที่ 1

รายการหัวข้อการตรวจสอบ	โครงการก่อสร้าง											ค่าเฉลี่ยร้อยละ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1. เครื่องจักรกล	71.9	67.2	71.9	56.3	92.2	-	-	82.8	79.7	75.0	67.2	73.8
2. นั่งร้าน	63.6	65.9	77.3	69.3	100.0	65.9	62.5	90.9	82.9	86.4	84.1	77.2
3. ปั้นจั่น	-	62.5	77.1	58.3	93.8	68.8	-	91.7	87.5	83.3	81.3	78.2
4. การตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่น และการพังทลาย	60.7	60.7	67.9	53.6	78.6	50.0	-	92.9	85.7	85.7	78.6	71.4
5. เขตก่อสร้าง	75.0	65.0	85.0	55.0	90.0	65.0	45.0	95.0	90.0	90.0	95.0	77.3
ค่าเฉลี่ยร้อยละ	67.8	64.3	75.8	58.5	90.9	62.4	53.8	90.6	85.2	84.1	81.2	75.6

หมายเหตุ: รายการที่ไม่มีข้อมูลคะแนนจะไม่นำมาใช้ในการคิดค่าเฉลี่ยร้อยละ

จากการตรวจสอบความปลอดภัยของสถานที่ก่อสร้าง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.2 มีค่าเฉลี่ยร้อยละความปลอดภัยของทุกโครงการทุกหัวข้อเท่ากับ 75.6 หรือเทียบได้กับระดับคะแนนเท่ากับ 3 ซึ่งหมายถึง มีค่อนข้างมาก สะท้อนให้เห็นว่าข้อกำหนดเฉพาะแค่เพียงหัวข้อที่ทำการตรวจสอบยังไม่ได้รับการปฏิบัติตามอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ส่วนรายการอื่นๆที่ไม่ได้เป็นรายการตรวจสอบก็อาจมีทิศทางที่

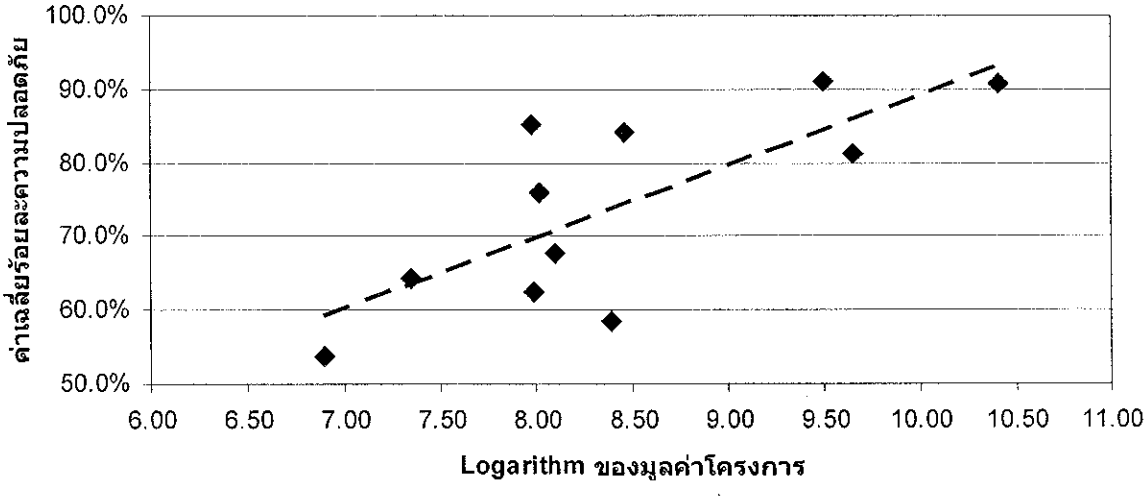
คล้ายคลึงกัน ค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของแต่ละโครงการมีความแตกต่างคือโครงการที่มีคะแนนสูงที่สุดกับต่ำที่สุดมีความห่างกันมาก โดยแนวโน้มของคะแนนในแต่ละโครงการลักษณะที่ไปในทิศทางเดียวกันคือโครงการที่มีคะแนนความปลอดภัยในหัวข้อหนึ่งสูง ก็มักจะมีคะแนนสูงในหัวข้ออื่นด้วย หมายความว่าโครงการก่อสร้างที่มีการปฏิบัติด้านความปลอดภัยที่ดีก็มักจะดีครอบคลุมหลายประการ และโครงการที่มีคะแนนต่ำก็มักจะมีคะแนนต่ำในหัวข้ออื่นด้วย ซึ่งเหล่านี้อาจจะสะท้อนมาจากแนวนโยบายจากบริษัทหรือความเอาใจใส่ของผู้บริหาร สำหรับค่าเฉลี่ยร้อยละของแต่ละหัวข้อรายการตรวจสอบมีค่าไม่แตกต่างกันมากคือช่วงประมาณร้อยละ 71-78 แสดงถึงว่าความสำคัญของหัวข้อต่าง ๆทั้งห้าในการปฏิบัติตามมีความใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามตัวเลขที่ได้เป็นการให้คะแนนจากทีมผู้วิจัยที่ทำการประเมิน

พบว่าโครงการก่อสร้างที่ 5 และโครงการก่อสร้างที่ 8 มีค่าความปลอดภัยสูงที่สุดใกล้เคียงกันคืออยู่ที่ร้อยละ 90.9 และ 90.7 ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าโครงการก่อสร้างที่ 5 และ 8 ดำเนินการโดยบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างรายเดียวกัน โครงการก่อสร้างที่ 5 มีรายการตรวจสอบที่ได้ค่าความปลอดภัยสูงที่สุดจำนวนถึง 3 หัวข้อคือ ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกลมีค่าร้อยละ 92.2 ความปลอดภัยในการทำงานว่าด้วยนั่งร้านมีค่าร้อยละ 100 และความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั่นจั่นมีค่าร้อยละ 93.8 ส่วนรายการตรวจสอบอีก 2 หัวข้อที่เหลือนั้นมีค่าความปลอดภัยสูงที่สุดเป็นของโครงการก่อสร้างที่ 8 คือ ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลายมีค่าร้อยละ 92.9 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้างมีค่าร้อยละ 95.0 สาเหตุที่ทำให้โครงการก่อสร้างที่ 5 และ 8 มีค่าเฉลี่ยความปลอดภัยสูงกว่าโครงการอื่น ๆ และเป็นบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างรายเดียวกันด้วย อาจเนื่องจากบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างรายนี้เป็นองค์กรมหาชนขนาดใหญ่ที่มีมาตรฐานในด้านความปลอดภัย มีนโยบายความปลอดภัยที่ชัดเจนและเคร่งครัด และมีการกำหนดงบประมาณของบริษัทสำหรับงานด้านความปลอดภัยอย่างเพียงพอ รวมทั้งผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยของโครงการยังได้รับการอบรมจากทางบริษัทอยู่เป็นประจำและมีความเอาใจใส่

ในขณะที่ ค่าความปลอดภัยของโครงการก่อสร้างที่ 7 มีค่าความปลอดภัยต่ำที่สุดคือที่ร้อยละ 53.8 สาเหตุที่โครงการก่อสร้างที่ 7 มีค่าเฉลี่ยความปลอดภัยต่ำกว่าโครงการอื่น ๆ อาจเป็นเพราะโครงการก่อสร้างที่ 7 เป็นโครงการที่มีขนาดเล็กที่สุด ดำเนินการโดยผู้รับเหมารายย่อย และในช่วงการสำรวจมีความก้าวหน้าในการดำเนินการเพียงร้อยละ 30 มีรายการตรวจสอบความปลอดภัยเพียง 2 หัวข้อเท่านั้น และยังประเมินได้ค่าความปลอดภัยต่ำที่สุดของทั้ง 2 หัวข้อ คือ ความปลอดภัยในการทำงานว่าด้วยนั่งร้านมีค่าร้อยละ 62.5 และความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้างมีค่าร้อยละ 45.0 สำหรับค่าความปลอดภัยที่ต่ำที่สุดอีก 3 หัวข้อนั้นเป็นของโครงการก่อสร้างที่ 4 ได้แก่ ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกลมีค่าร้อยละ 56.3 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั่นจั่นมีค่าร้อยละ 58.3 และความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็นตกหล่นและการพังทลายมีค่าร้อยละ 53.6 สาเหตุของค่าความปลอดภัยที่ต่ำที่สุดของโครงการก่อสร้างที่ 4 ทั้งที่เป็นโครงการขนาดกลาง อาจเป็นเพราะโครงการมีการรับเหมาช่วงต่อให้กับผู้รับเหมารายย่อยจำนวนมาก จึงทำให้การควบคุมการดำเนินการด้านความปลอดภัยไม่มีประสิทธิภาพ หรือไม่ได้รับความใส่ใจจากผู้รับเหมาหลักที่เป็นคู่สัญญาและเจ้าของงาน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่ากับค่าเฉลี่ยร้อยละความปลอดภัยของโครงการ เนื่องจากมูลค่าของโครงการตัวอย่างทั้ง 11 โครงการมีความแตกต่างกันอย่างมาก ตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่มาก ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงข้อมูลมูลค่าของโครงการด้วยการใช้ค่า Logarithm เพื่อนำมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear regression) ได้กราฟดังแสดงในรูปภาพข้างล่างพร้อมทั้งแสดงเส้น Trendline ของความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้ พบว่ามีค่า R^2 (Coefficient of determination) เท่ากับ 0.5664 ซึ่งแสดงถึงว่ามีความสัมพันธ์กันค่อนข้างน้อย ดังนั้นขนาดโครงการหรือมูลค่าโครงการที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้ไม่ได้เป็นปัจจัยหลักที่กำหนดสภาพความปลอดภัยของโครงการตัวอย่างเหล่านี้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่เป็นไปได้ แต่อาจไม่เป็นจริงกับโครงการก่อสร้างทั้งหมดโดยทั่วไป

ข้อควรพิจารณาเพิ่มเติมคือ ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยการใช้เทคนิคทางสถิติ Linear regression โดยมีข้อมูลทั้งหมดเพียง 11 ชุดข้อมูลเท่านั้นซึ่งอาจทำให้ผลตัวเลข (ค่า R^2) จากการวิเคราะห์ดังกล่าวคลาดเคลื่อนได้ ค่าความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้จึงควรใช้พิจารณาควบคู่กับเส้น Trendline และกราฟการกระจายตัวข้อชุดข้อมูลดังแสดงในรูปภาพ ทั้งนี้ข้อมูลในเชิงปริมาณที่นำเสนอควรพิจารณาประกอบกับข้อมูลในเชิงคุณภาพ (เชิงพรรณนา) ที่ได้จากการสัมภาษณ์ และได้ทำการสรุปรวมไว้ในหัวข้อถัดไป



รูปที่ 4.32 กราฟความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่างค่า Logarithm ของมูลค่ากับค่าเฉลี่ยร้อยละความปลอดภัยของโครงการ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพนักงานกับค่าเฉลี่ยร้อยละความปลอดภัยของโครงการ

4.2.4 ผลคะแนนจากแบบประเมินประเภทที่ 2

ข้อมูลผลการสำรวจกลุ่มตัวอย่างทั้ง 11 โครงการรวบรวมแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลรายละเอียดของผู้บริหารโครงการก่อสร้างตัวอย่าง

รายละเอียด	โครงการก่อสร้าง										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

มูลค่าโครงการ (ล้านบาท)	126.4	22.0	105.0	250.0	3,154.0	97.7	7.8	25,900.0	95.0	292.0	4,520.0
อายุผู้บริหารโครงการ (ปี)	32	27	31	29	30	44	38	42	46	34	39
ประสบการณ์ทำงาน (ปี)	7	1	6	5	8	15	5	10	13	8	10

ข้อมูลรายละเอียดประกอบของผู้บริหารแต่ละโครงการเหล่านี้จะใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์แบบเส้นตรง กับค่าคะแนนความปลอดภัยที่ได้จากแบบประเมิน

ตารางที่ 4.4 ค่าคะแนนความปลอดภัยจากแบบประเมินประเภทที่ 2

รายการตรวจสอบ	โครงการก่อสร้าง											ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1. โครงการของท่านมีการจัดทำแผนความปลอดภัยที่ครอบคลุม	3	3	4	3	4	4	3	4	4	4	4	3.64
2. โครงการของท่านสามารถควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามแผนความปลอดภัย	3	3	3	4	4	3	3	4	4	4	4	3.55
3. โครงการของท่านสามารถควบคุมไม่ให้อุบัติเหตุเกิดขึ้นได้	3	3	3	4	3	3	4	4	3	4	4	3.45
4. คนงานในโครงการของท่านมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้าง	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	4	3.45
5. เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในโครงการของท่านมีความสามารถและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ	3	3	4	3	3	4	3	4	3	4	4	3.45
6. เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยได้รับความร่วมมือและเชื่อถือจากผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องอย่างดี	3	3	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3.64
7. เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในโครงการของท่านมีส่วนสำคัญที่ทำให้สถิติการเกิดอุบัติเหตุลดลง	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	3.27
8. การบริหารความปลอดภัยในโครงการก่อสร้างของท่าน ช่วยให้การทำงานมีความปลอดภัยเพิ่มขึ้น	3	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3.73
ค่าเฉลี่ย	3.0	3.3	3.5	3.5	3.6	3.5	3.1	4.0	3.3	4.0	4.0	3.52
ค่าเฉลี่ยร้อยละ	75	81	88	88	91	88	78	100	81	100	100	88

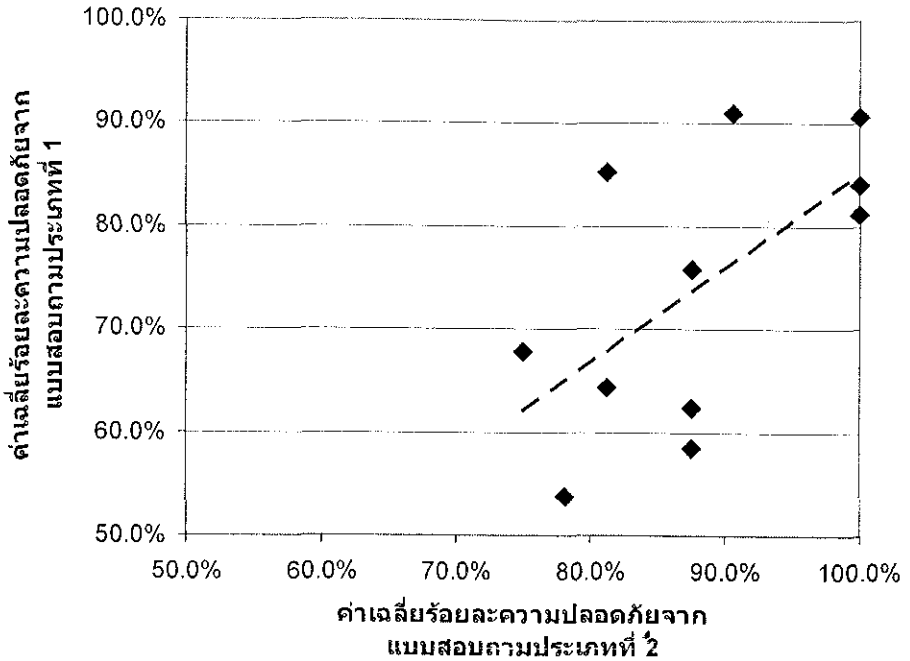
ผลข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามประเภทที่ 2 ดังแสดงในตารางข้างบน พบว่าค่าผลรวมเฉลี่ยร้อยละของทุกรายการมีค่า 88 หรือค่าผลรวมระดับคะแนนเฉลี่ยที่ 3.52 ซึ่งหมายถึงว่าในโครงการก่อสร้างตัวอย่างมีการบริหารความปลอดภัยอย่างประสบผลสำเร็จค่อนข้างสูงมากและเกือบครบถ้วน โดยที่ค่าเฉลี่ยร้อยละของแต่ละโครงการมีความแตกต่างกันในช่วง 3.0-4.0 ทั้งนี้มีผู้บริหารที่ให้คะแนนเฉลี่ยประเมินตนเองเต็ม 4.0 (เต็มทุกรายการ) ถึง 3 โครงการ หนึ่งโครงการในนั้นเป็นโครงการก่อสร้างที่มีค่าคะแนนสภาพความปลอดภัยสูงที่สุดคือโครงการก่อสร้างที่ 8 ส่วนอีกสองโครงการมีค่าคะแนนสภาพความปลอดภัยอยู่ช่วงกลาง จึงจะเห็นว่าผู้บริหารโครงการมีทัศนคติในเชิงบวกที่เกินกว่าความเป็นจริง

รายการตรวจสอบที่ได้คะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดคือข้อที่ 7 "เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในโครงการของท่านมีส่วนสำคัญที่ทำให้สถิติการเกิดอุบัติเหตุลดลง" ได้ค่าคะแนนเฉลี่ยเพียง 3.27 ซึ่งผู้บริหารทุกท่านยกเว้น 3 ท่านที่ให้คะแนนตนเองเต็มทุกรายการ ให้คะแนนเพียงระดับ 3 เท่านั้น สะท้อนให้เห็นถึงความ

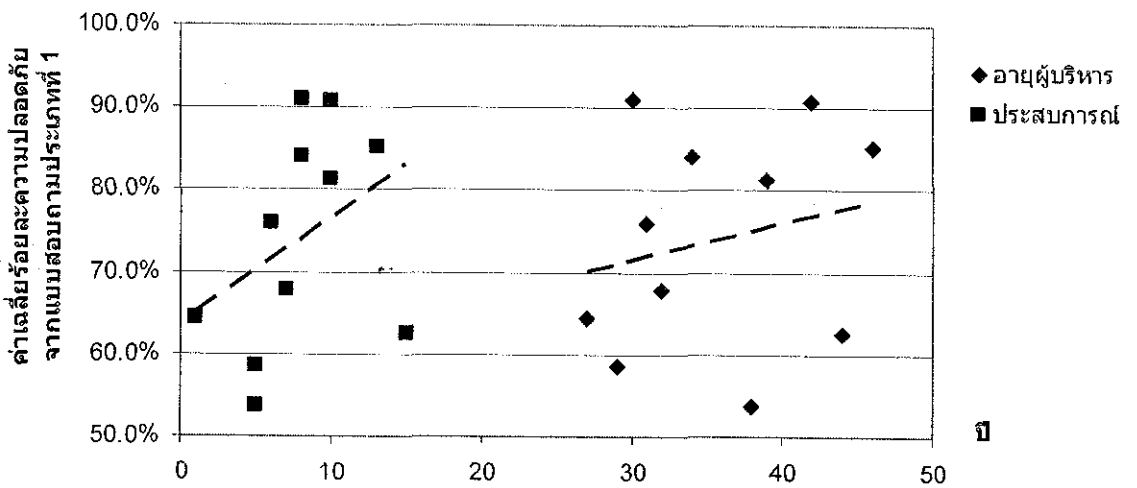
ไม่เชื่อมั่นในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในโครงการ ส่วนรายการที่ได้คะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด คือข้อที่ 8 "การบริหารความปลอดภัยในโครงการก่อสร้างของท่าน ช่วยให้การทำงานมีความปลอดภัยเพิ่มขึ้น" ได้ค่าคะแนนเฉลี่ย 3.73 สะท้อนให้เห็นถึงทัศนคติของผู้บริหารที่ให้ความสำคัญต่อการบริหารความปลอดภัยในโครงการเป็นอย่างสูง แต่นั้นย่อมหมายถึงผู้ดำเนินการไม่ใช่เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย

พบว่าผู้บริหารทุกคนให้คะแนนการบริหารความปลอดภัยของตนเองในเกณฑ์ที่ดีคือ มีค่าคะแนนแบบ 3 หรือ 4 เท่านั้น ซึ่งหมายถึงในแต่ละรายการตรวจสอบ ผู้บริหารมีความเห็นว่าระดับความสำเร็จของการบริหารความปลอดภัยในโครงการของตนเอง มีค่อนข้างมากหรือมีครบถ้วน เพื่อตรวจสอบถึงอคติและทัศนคติของผู้บริหารที่ตอบแบบสอบถามนี้ จึงได้ทำการวิเคราะห์ผลข้อมูลจากแบบสอบถามทั้งสองประเภทเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในรูปภาพข้างล่าง พบว่าข้อมูลทั้งสองชุดมีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรง (Linear regression) น้อยมาก โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.3846 จึงอาจกล่าวได้ว่าการประเมินตนเองของผู้บริหารถึงระดับความสำเร็จในการบริหารความปลอดภัยไม่มีความเกี่ยวข้องกับสภาพความปลอดภัยของโครงการที่เป็นอยู่ (ข้อสรุปที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างศึกษานี้เท่านั้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่เป็นไปได้ แต่อาจไม่เป็นจริงกับโครงการก่อสร้างทั้งหมดโดยทั่วไป)

โดยที่ค่าผลรวมเฉลี่ยร้อยละของแบบสอบถามประเภทที่ 1 มีค่าน้อยกว่าประเภทที่ 2 และความแตกต่างกันมากคือ ร้อยละ 75.6 และ 88 ตามลำดับ และลักษณะการกระจายตัวของจุดข้อมูลมีแนวโน้มไปทางด้านขวาล่างของแกนสมมาตร ซึ่งหมายความว่าแผนการบริหารความปลอดภัยในโครงการมีอยู่อย่างดี แต่ยังไม่ได้รับปฏิบัติอย่างเคร่งครัดโดยคนงานก่อสร้าง หรือรวมทั้งหมายความว่าผู้บริหารโครงการส่วนใหญ่มีอคติในทางที่เห็นว่าการบริหารความปลอดภัยในโครงการประสบผลสำเร็จดีกว่าสภาพที่เป็นอยู่จริง ทัศนคติในเชิงบวกที่เกินกว่าความเป็นจริงอาจส่งผลให้เกิดความประมาทและไม่ใส่ใจต่อความเคร่งครัดในการปฏิบัติงานความปลอดภัยและยังทำให้ไม่เกิดการพัฒนาปรับปรุงและแก้ไขการบริหารความปลอดภัยให้ดียิ่งขึ้น มีเพียงผู้บริหารโครงการก่อสร้างที่ 5 และ 9 เท่านั้นที่ให้คะแนนการประเมินตนเองใกล้เคียงและต่ำกว่าคะแนนสภาพความปลอดภัยที่ได้ตามลำดับ นอกจากนี้โครงการก่อสร้างที่ 5 เป็นโครงการที่มีค่าคะแนนสภาพความปลอดภัยสูงที่สุด



รูปที่ 4.33 กราฟความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่างค่าเฉลี่ยร้อยละความปลอดภัยจากแบบสอบถามประเภทที่ 1 และ 2



รูปที่ 4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยร้อยละจากแบบสอบถามที่ 1 กับอายุผู้บริหารและประสบการณ์

การวิเคราะห์ข้อมูลต่อไปคือการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยร้อยละความปลอดภัย (จากแบบสอบถามที่ 1) กับข้อมูลรายละเอียดประกอบของผู้บริหารได้แก่ อายุและประสบการณ์ทำงานของผู้บริหารแต่ละโครงการ พบว่าชุดคู่ข้อมูลทั้งสองชุดมีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรง (Linear regression) น้อยมากจนเกือบไม่มีเลย ดังรูปกราฟข้างบน โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยร้อยละจากแบบสอบถามที่ 1 กับอายุผู้บริหารและประสบการณ์มีค่า R^2 เท่ากับ 0.1481 และ 0.0488 ตามลำดับ โดยความสัมพันธ์กับประสบการณ์ทำงานมีค่าน้อยกว่ามาก ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าผู้บริหารโครงการก่อสร้างไม่ได้มีส่วนสำคัญใน

การกำหนดทิศทางการบริหารความปลอดภัยในโครงการให้ประสบผลสำเร็จ แต่อาจมีปัจจัยอื่น ๆที่ร่วมกันส่งผลเช่น นโยบายบริษัท ขนาดมูลค่าโครงการ การประสานงานระหว่างเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงาน เป็นต้น ดังผลการวิเคราะห์ที่กล่าวไว้ก่อนหน้าและจากงานวิจัยที่ผ่านมา (Aksorn และ Hadikusumo, 2008; Siriruttanapruk และ Anuntakulnathi, 2004) ซึ่งผู้บริหาร (คือวิศวกรโครงการ) ที่เป็นผู้ตอบแบบสอบถามไม่ใช่ผู้บริหารระดับสูงที่กำหนดนโยบายของบริษัท

4.2.5 ผลจากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการ

จากการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากแบบสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการต่าง ๆ ถึงอุปสรรคของการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยและสาเหตุของการไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนด สามารถสรุปความเห็นของผู้บริหารและทีมผู้วิจัยได้ประเด็นดังนี้

1. งบประมาณด้านความปลอดภัย มีความสำคัญในการขับเคลื่อนงานด้านความปลอดภัยในโครงการ ซึ่งจะทำให้มีการจัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายครบถ้วนตามข้อกำหนด มีการจัดสรรบุคคลากร ทีมเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยเพื่อการดูแลงานด้านความปลอดภัยโดยเฉพาะ ทั้งนี้พบว่าบางโครงการไม่มีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยเลย แต่ผู้บริหารโครงการและวิศวกรทำหน้าที่แทนซึ่งไม่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบ เนื่องจากมีการซ้อนทับของหน้าที่การก่อสร้างและความปลอดภัยที่ควรจะมีความเป็นอิสระจากกัน พบว่าบางบริษัทมองงานด้านความปลอดภัยว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่สูงและเป็นความสิ้นเปลืองโดยไม่จำเป็น

2. สถานที่ตั้งของโครงการก่อสร้าง มีแนวโน้มว่าโครงการที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ปิด ใกล้กับแหล่งชุมชนและมีคนสัญจรจำนวนมาก มักการควบคุมดูแลเรื่องความปลอดภัยอย่างเข้มงวดมากกว่าโครงการที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่เปิด นอกแหล่งชุมชน ห่างไกลบุคคลภายนอก ทั้งนี้มาจากทัศนคติที่เห็นว่าการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยก็เพียงเพื่อให้รอดพ้นจากการตรวจสอบจากเจ้าหน้าที่ของรัฐที่เกี่ยวข้องเท่านั้น โครงการที่ตั้งอยู่ในที่ห่างไกลและห่างจากการตรวจสอบจึงไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดอย่างครบถ้วน

3. ความเอาใจใส่ของผู้บริหาร ทัศนคติของผู้บริหารที่ให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยเป็นอันดับแรก มากกว่าผลงานการก่อสร้าง หรือ safety first มีการตรวจสอบและลงโทษผู้ไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนด มีส่วนทำให้คนงานทุกคนในโครงการปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด ในขณะที่บางโครงการที่ผู้บริหารคำนึงถึงเรื่องความก้าวหน้าของงาน เวลา และกำไร จะทำให้ขั้นตอนงานด้านความปลอดภัยที่จำเป็นต้องปฏิบัติถูกละเลย และมองว่าเป็นเรื่องที่ทำให้เสียเวลาและขัดขวางการก่อสร้าง

4. นโยบายของบริษัทในด้านความปลอดภัย นอกจากตัวผู้บริหารโครงการแล้ว ในลำดับชั้นการบริหารที่สูงขึ้นไปคือบริษัทก่อสร้าง บริษัทก่อสร้างที่เป็นบริษัทมหาชนขนาดใหญ่ที่มีชื่อเสียง จะมีนโยบายด้านความปลอดภัยที่ชัดเจน ซึ่งจะเป็นการสนับสนุนและเป็นแนวทางให้การปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยในโครงการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและครบถ้วนตามข้อกำหนด

5. ความใส่ใจของเจ้าของโครงการในเรื่องความปลอดภัย เจ้าของโครงการก่อสร้างที่เป็นผู้ว่าจ้างของบริษัทผู้รับเหมามีส่วนสำคัญในการกำหนดให้งานด้านความปลอดภัยเป็นหน้าที่ที่ต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัดและครบถ้วน โดยการระบุไว้เป็นข้อสัญญาก่อสร้าง และสามารถบังคับใช้ได้อย่างใกล้ชิดมากกว่า

การตรวจสอบควบคุมของหน่วยงานของรัฐ เนื่องจากเจ้าของโครงการสามารถจัดให้มีผู้ที่ทำหน้าที่คอยตรวจสอบการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยของผู้รับเหมาได้โดยตรง

4.3 บทสรุป

จากการศึกษาสำรวจเกี่ยวกับการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยในงานก่อสร้างนี้ ทำให้พบว่าสภาพการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยตามรายการหัวข้อที่ตรวจสอบยังไม่ถูกต้องครบถ้วน อุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่ต้องติดตั้ง มาตรการป้องกัน หรือขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัย (กิจกรรมงานด้านปลอดภัย) ยังไม่ได้รับการปฏิบัติอย่างเคร่งครัด และอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่ต้องส่วมใส่ก็ยังไม่ครบถ้วน ซึ่งสภาพเช่นนี้พบได้ในโครงการก่อสร้างทั่วไปตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่มาก ทั้งในที่ห่างไกลที่ชุมชนและติดกับที่ชุมชน ความปลอดภัยในงานก่อสร้างจึงเป็นปัญหาที่ต้องการการวิจัยเพื่อหาแนวทางแก้ไขปรับปรุง ประเด็นปัญหาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้คือ ผู้บริหารโดยส่วนใหญ่ยังให้ความสำคัญกับการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยน้อยกว่าผลิตผลของงานก่อสร้างที่ได้ และเห็นว่าการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยเป็นอุปสรรคต่ออัตราผลผลิตงานก่อสร้าง ส่งผลให้เกิดปัญหาการประสานงานและความขัดแย้งระหว่างเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยและผู้ปฏิบัติงานก่อสร้าง ซึ่งทำให้การบริหารงานด้านปลอดภัยในโครงการยังไม่มีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่ อย่างไรก็ตามทัศนคติที่ว่าการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยเป็นอุปสรรคต่ออัตราผลผลิตงานก่อสร้างอาจไม่เป็นจริงเนื่องจากหากเกิดอุบัติเหตุขึ้นแล้ว เป็นเหตุให้กระบวนการผลิตต้องหยุดชะงักต่อเนื่องไปช่วงเวลาหนึ่งอาจทำให้อัตราผลผลิตลดต่ำลงได้เช่นกัน อย่างไม่สามารถคาดการณ์ได้

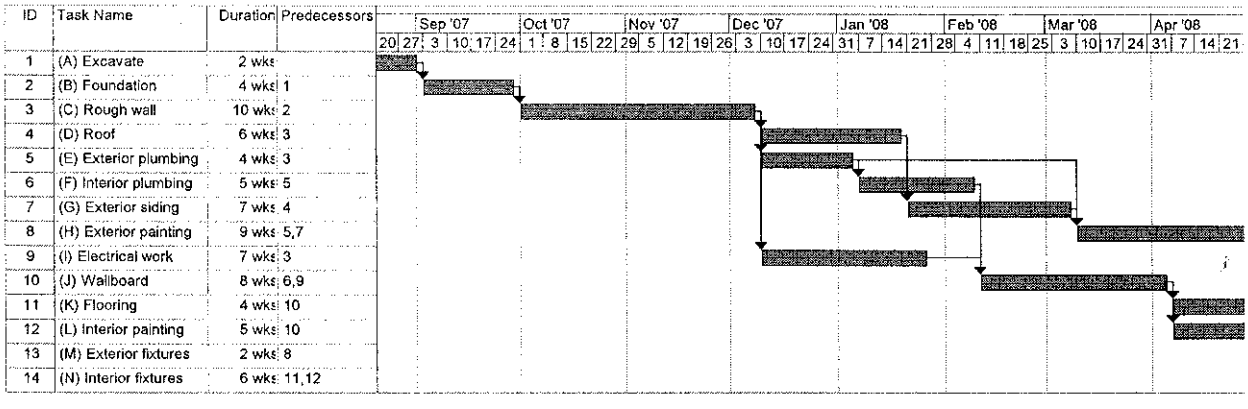
งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการริเริ่มพัฒนาแนวทางการใช้เทคนิคการแสดงแผนภาพแบบ 4 มิติ เพื่อเป็นเครื่องมือในการควบรวมการบริหารงานก่อสร้างกับการบริหารความปลอดภัยตลอดทั้งกระบวนการ เพื่อให้ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยได้ถูกควบรวมเข้ากับกระบวนการออกแบบ วางแผนและควบคุมงานก่อสร้าง โดยวิธีการที่พัฒนาขึ้นจะต้องทำให้เกิดการควบรวมอย่างอัตโนมัติด้วยการใช้ฐานข้อมูลข้อกำหนดความปลอดภัยและขั้นตอนวิธีแบบอาศัยกฎ (rule-based algorithms) โดยการแสดงแผนภาพแบบ 4 มิติเป็นเทคนิคที่มีศักยภาพในการบรูณาการขั้นตอนการบริหารงานก่อสร้างอยู่แล้ว ซึ่งวิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้จะสามารถทำให้เกิดเป็นเครื่องมือแบบใหม่ในการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยที่เหมาะสมลงไปพร้อมกับแผนงานก่อสร้างแบบ 4 มิติ ทำให้สามารถสื่อสารและสร้างความตระหนักในมาตรการความปลอดภัยที่จำเป็นต้องดำเนินการได้อย่างชัดเจนเป็นรูปธรรม เพื่อให้เกิดการบริหารงานก่อสร้างและจัดสรรทรัพยากรให้สอดคล้องกับการดำเนินงานด้านความปลอดภัยดังกล่าว ซึ่งจะทำให้การดำเนินงานด้านความปลอดภัยได้รับการพิจารณาและเตรียมการก่อนที่กิจกรรมก่อสร้างที่เริ่มต้น รวมทั้งยังช่วยทำให้เห็นแนวทางในการปรับปรุงแบบก่อสร้าง การวางแผนและควบคุมการดำเนินงานด้านความปลอดภัย อันจะทำให้แก้ไขปัญหาการประสานงานและความขัดแย้งระหว่างเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยและผู้ปฏิบัติงานก่อสร้างลงได้

บทที่ 5 เทคนิคการแสดงแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ

5.1 ประวัติความเป็นมาและพัฒนาการของเทคนิค 4D CAD model

แผนงานก่อสร้าง (construction schedule) ถูกจัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการดำเนินการโครงการก่อสร้าง ติดตามและควบคุมผลงาน รวมทั้งใช้เป็นสื่อในการประสานงานภายในทีมงานของโครงการ แผนงานก่อสร้างนั้นนิยมทำขึ้นด้วยเทคนิควิธีสายทางกิจกรรมวิกฤต (Critical Path Method: CPM) และใช้การแสดงผลด้วยแผนภาพแบบแกนต์ชาร์ตหรือบาร์ชาร์ต (Gantt chart or bar chart) แบบเน็ตเวิร์ค (network diagram) และแบบปฏิทิน (Calendar) ด้วยหลักการที่แตกกระจายงานโครงการก่อสร้างทั้งหมดออกเป็นกิจกรรม ๆที่เรียกว่า กิจกรรม (Activity) จำนวนมากเป็นกลุ่ม ๆและลำดับชั้นต่าง ๆ ที่สามารถมอบหมายความรับผิดชอบดำเนินงานให้กับผู้ปฏิบัติการต่าง ๆได้

ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ก็มักจะถูกแบ่งกระจายออกมาโดยตรงจากชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบต่าง ๆของสิ่งก่อสร้างนั้น (component-based work breakdown structure) เช่น ฐานราก คาน เสา พื้น เป็นต้น และกิจกรรมทั้งหมดเหล่านี้ยังถูกจัดเรียงลำดับก่อนหลังหรือพร้อม ๆกันด้วยลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างกันของงานเหล่านี้ ในขณะที่การแสดงผลของแผนงานก่อสร้างด้วยแกนต์ชาร์ต นั้นสามารถสื่อสารแสดงระยะเวลาของกิจกรรมและความสัมพันธ์ได้อย่างชัดเจนตรงไปตรงมา โดยที่เส้นระยะเวลาของโครงการแสดงด้วยแกนนอนของชาร์ต ระยะเวลาของกิจกรรมต่าง ๆแสดงด้วยความยาวของแท่งกราฟ และความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมแสดงด้วยลูกศรที่ยึดโยงกันระหว่างแท่งกราฟของงาน ดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แผนภาพแบบแกนต์ชาร์ตของแผนงานก่อสร้าง

อย่างไรก็ตามแผนงานก่อสร้างที่แสดงผลด้วยแกนท์ชาร์ทนี้มีข้อด้อยที่สำคัญประการหนึ่งคือการที่ไม่แสดงผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพกราฟฟิคของสิ่งก่อสร้างหรือที่เป็นตัวเนื้องานของกิจกรรมเหล่านั้น จึงมีส่วนทำให้ความเข้าใจแจ่มแจ้งและความเข้าใจตรงกันในเนื้องานระหว่างทีมงานไม่เกิดขึ้นอย่างเต็มที่ และโดยเฉพาะความรับรู้ในด้านพื้นที่ทำงาน (working space) สำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งพื้นที่ทำงานจัดเป็นทรัพยากรที่วิกฤตอย่างหนึ่งของงานก่อสร้าง เนื่องจากต้องมีการใช้งานร่วมกันและมีอยู่อย่างจำกัด นอกจากนี้รูปภาพกราฟฟิคของสิ่งก่อสร้างที่สัมพันธ์กับกิจกรรมต่าง ๆ ยังสามารถช่วยให้เกิดความรับรู้ (perception) ในขั้นตอนวิธีการทำงานของงานนั้น ๆและมาตรการความปลอดภัยที่ต้องปฏิบัติได้ดียิ่งขึ้น

ในทางปฏิบัติเดิม ข้อมูลแผนงานก่อสร้างและข้อมูลกราฟิกของสิ่งก่อสร้างนั้นแยกจากกันอยู่ และถูกจัดทำขึ้นต่างวาระกัน โดยที่แผนงานจะให้ข้อมูลด้านระยะเวลาและความสัมพันธ์ของกิจกรรม และแบบก่อสร้างซึ่งมักเป็นแบบแปลนสองมิติ (2 dimension: 2 มิติdrawing) จะให้ข้อมูลด้านกราฟิกที่ช่วยกำหนดขอบเขตเนื้องานของกิจกรรมต่าง ๆ ทีมงานก่อสร้างจะต้องใช้ผลแสดงข้อมูลทั้งสองรูปแบบนี้เพื่อสร้างความเข้าใจในการปฏิบัติงาน แต่เนื่องจากการตีความที่ได้นี้เกิดขึ้นจากความรับรู้ของแต่ละบุคคล (implicit interpretation) ซึ่งแตกต่างกันไป ซึ่งก่อให้เกิดความเข้าใจที่ไม่ตรงกัน คลาดเคลื่อน หรือการละเลย หลงลืมรายละเอียดบางส่วนไป ทำให้เกิดปัญหาในการประสานงานหรือใช้ทรัยพากรร่วมกัน ซึ่งแนวทางแก้ไขที่สาเหตุของปัญหาทางหนึ่งคือการแก้ไขที่เทคนิคการแสดงผลข้อมูลงานก่อสร้างแบบดั้งเดิมที่แยกกันอยู่ให้รวมกัน เกิดเป็นแบบจำลอง 4 มิติ (4D CAD model) ขึ้น ช่วยให้การแปลความหมายข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆเกิดขึ้นได้อย่างชัดเจนเป็นรูปธรรม (visual perception) และหมายความตรงกัน ช่วยให้เกิดความเข้าใจแจ่มแจ้งได้อย่างรวดเร็ว สามารถใช้เป็นเครื่องมือสื่อสารที่มีประสิทธิภาพในการประสานงานกันระหว่างทีมงาน

ซึ่งแนวคิด ที่มาของเทคนิคนี้ ได้มีคณะนักวิจัยคิดค้นเทคนิคการแสดงผลแผนภาพแบบใหม่ที่เรียกว่า "เทคนิคการแสดงแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ" (4D CAD model) โดย Cleveland (1989) ได้ริเริ่มทำภาพเคลื่อนไหว (animations) ของโมเดลสิ่งก่อสร้าง3มิติ (3D) ด้วยการเชื่อมโยงกับเส้นเวลาของโครงการ (project timeline) จนเมื่อปลายทศวรรษ 1990s เทคนิคนี้ได้ถูกนำมาพัฒนาต่ออีกครั้งอย่างกว้างขวาง เมื่อเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์มีขีดความสามารถเพียงพอ โดย McKinney และคณะ (1996) ได้เริ่มบัญญัติคำศัพท์ใช้เรียกเทคนิคใหม่นี้ว่า "4D CAD Visualization" ซึ่งเกิดขึ้นจากการนำรูปกราฟิก 3 มิติของสิ่งก่อสร้างในรูปแบบของ 3D CAD model มาเชื่อมโยงกับมิติทางเวลาคือเวลาที่จะดำเนินกิจกรรมการก่อสร้างต่าง ๆในแผนงานก่อสร้าง (schedule) รวมกันเป็น 4 มิติ (3D + time) ผลลัพธ์ที่ได้คือลักษณะภาพยนตร์ (animation) ที่แสดงแบบจำลอง 3 มิติของสิ่งก่อสร้างที่ค่อย ๆถูกสร้างเพิ่มเติมขึ้นตามเวลาที่กำหนดในแผนงาน จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ เทคนิค 4D CAD model (space and time) คือการนำโมเดล 3 มิติของสิ่งก่อสร้าง (3D CAD) มารวมกับแผนงานการก่อสร้าง (schedule) เกิดเป็นโมเดลใหม่ที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยวิเคราะห์ ตัดสินใจ และประเมินประสิทธิภาพของขั้นตอนการก่อสร้างที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งเทคนิคใหม่นี้ได้รับการยืนยันถึงคุณประโยชน์เหนือวิธีการวางแผนงานแบบดั้งเดิมที่ใช้ bar charts หรือ network analyses (Ma และคณะ, 2005) เพราะเทคนิคนี้นำแผนงานมาแสดงผลเป็นภาพกราฟฟิคของสิ่งก่อสร้างนั้น ๆรวมทั้งมีการเคลื่อนไหว (motions) ช่วยให้นักวางแผนงาน (planners) ได้เกิดความเข้าใจแจ้ง(comprehensive) ในขั้นตอนการก่อสร้างนั้น เทคนิค 4D CAD model สำหรับแผนงานก่อสร้างสามารถช่วยให้เกิดมโนทัศน์และความเข้าใจ (conceptualization and comprehension) ในลำดับขั้นตอนการก่อสร้างและพื้นที่การทำงานได้อย่างแจ่มแจ้ง (McKinney และ Fischer, 1998)

Koo และ Fischer (2000) ได้ศึกษาการใช้ 4D CAD model ในโครงการก่อสร้างตัวอย่างเพื่อสรุปหาประโยชน์ที่ได้รับ พบว่า 4D CAD model เป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์เพราะช่วยให้ผู้ใช้ทำความเข้าใจกับแผนงานก่อสร้างที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วและสามารถบ่งชี้ปัญหาต่าง ๆของแผนงานนั้นได้ ได้แก่ ข้อบกพร่องของแผนงาน การหลงลืมเนื้องานบางส่วน ความไม่ต่อเนื่องของระดับชั้นของงานในแผนงาน

ลำดับขั้นตอนงานที่เป็นไปไม่ได้ ความแออัดและการเข้าถึงได้ (accessibility) ของพื้นที่ทำงานจุดต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆในการดำเนินการก่อสร้าง ซึ่งปัญหาเหล่านี้อาจถูกตรวจพบได้ยากในแผนงานแบบแกนต์ชาร์ตเนื่องจากข้อมูลที่แสดงถึงกิจกรรมเป็นเพียงตัวหนังสือบอกชื่อของกิจกรรม ร่วมกับแท่งบาร์ที่บอกช่วงระยะเวลาดำเนินการเท่านั้น ซึ่ง 4D CAD model เป็นสื่อที่ทำให้สามารถมองเห็นปัญหาในเชิง space และการใช้พื้นที่ทำงานก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยมุมมองที่เป็นภาพจำลอง 3 มิติ (Akinci และคณะ, 2002b)

การพัฒนาการของเทคนิคนี้สามารถเห็นได้จากงานวิจัยมากมายในวารสารต่าง ๆ โดยคณะวิจัยจากที่ต่าง ๆ แบ่งออกได้กว้าง ๆสองทางคือ 1.กลุ่มพัฒนาเทคนิคการสร้างโมเดล 2.กลุ่มนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ กลุ่มแรกจะเน้นการหาวิธีการเชื่อมโยงโมเดล 3 มิติกับแผนงาน และการสร้างโมเดล 4 มิติ ให้มีประสิทธิภาพและสะดวกต่อการนำไปใช้งาน (Collier และ Fischer, 1996; Williams, 1996; Adjei-Kumi และ Retik, 1997; McKinney และคณะ, 1998; Kamat และ Martinez, 2001) ล่าสุดเทคนิคนี้ได้ถูกบริษัทพัฒนาซอฟแวร์ชั้นนำไปสร้างเป็นซอฟแวร์สำเร็จรูป ได้แก่ Schedule Simulator โดย Bentley, TimeLiner โดย NavisWorks และ Project Navigator 2000 โดย Virtual STEP เป็นต้น เหล่านี้เป็นเพียงการเริ่มต้นเท่านั้น ยังมีการพัฒนาเวอร์ชันใหม่ ๆอย่างต่อเนื่อง กลุ่มที่สองจะเป็นการสร้างสรรค์ใช้เทคนิคนี้ในด้านต่าง ๆ เช่น การจัดผังสถานที่ก่อสร้าง (site layout) (Ma และคณะ, 2005; Chau และคณะ, 2003) วิเคราะห์ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนการก่อสร้าง (evaluation of constructability) (McKinney และ Fischer, 1998) วิเคราะห์ความแออัดของพื้นที่ก่อสร้าง (space congestion analysis) (Riley และ Sanvido, 1997) ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวกับเทคนิค4D นี้แม้จุดเริ่มต้นจะมาจากสหรัฐอเมริกา ได้แพร่หลายเข้าไปในยุโรป และปัจจุบันมีงานวิจัยที่มาจากจีนและฮ่องกง อันจะเห็นถึงความตื่นตัวของเทคนิคใหม่นี้ เทคนิคนี้ยังสอดคล้องและตอบรับกับแนวทางการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีคือ การเปลี่ยนรูปแบบการโมเดลสิ่งสิ่งก่อสร้างจาก 2 มิติ สู่ 3 มิติ อันจะกลายเป็นมาตรฐานการเขียนแบบก่อสร้างในอนาคตอันใกล้ (Sacks และคณะ, 2004) และรวมถึงความตื่นตัวในการวิจัยพัฒนาทางด้านความเข้ากันได้ของฐานข้อมูลงานก่อสร้างทั้งช่วงชีวิต (interoperability in construction life cycle) (IAI, 2003)

5.2 ขั้นตอนทั่วไปในการสร้าง 4D CAD model

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาสามารถสรุปรายละเอียดขั้นตอนทั่วไปในการสร้าง 4D CAD model ได้ดังต่อไปนี้ และแสดงหลักการสร้าง 4D CAD model ไว้ดังรูปที่ 5.2

1. การสร้างแบบจำลองสิ่งก่อสร้าง 3 มิติจากแบบก่อสร้าง 2 มิติ– แบบก่อสร้าง (construction drawings) ที่ใช้กันอยู่ส่วนใหญ่นั้นเป็นแบบ 2 มิติคือแบบแปลนหรือแบบรูปตัดของสิ่งก่อสร้างที่วาดขึ้นด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภท CAD (computer aided design) ทำให้การสร้าง 4D CAD model ต้องรวมขั้นตอนนี้ด้วย คือการสร้างแบบจำลองสิ่งก่อสร้างทั้งหมดเป็น 3 มิติจากแบบก่อสร้าง 2 มิติซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภท CAD ก็มีฟังก์ชันใช้สำหรับการเขียนแบบ 3 มิติอยู่แล้ว

แม้ว่าในปัจจุบันการเขียนแบบ 3 มิติจะยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายเหมือนการเขียนแบบ 2 มิติแต่ก็กำลังอยู่ในยุคเปลี่ยนผ่านเทคโนโลยีที่จะทำให้การเขียนแบบ 3 มิติกลายเป็นมาตรฐานของการปฏิบัติใน

อนาคตอันใกล้ อันเนื่องมาจากแรงผลักดันทางเทคโนโลยีทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ โดยที่ผู้ผลิตซอฟแวร์บริษัทต่าง ๆก็ได้พัฒนาซอฟแวร์การเขียนแบบ 3 มิติขึ้นมาอย่างต่อเนื่องจนทำให้ง่ายต่อการปฏิบัติมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งจุดเปลี่ยนนี้ก็จะมาถึงในเวลาไม่ช้าเหมือนกับจุดเปลี่ยนที่การเขียนแบบด้วยมือถูกแทนที่ด้วยการเขียนแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภท CAD

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสิ่งก่อสร้าง 3 มิติจากแบบก่อสร้าง 2 มิตินี้เป็นขั้นตอนที่ใช้เวลาและทรัพยากรบุคคลมาก ซึ่งเป็นอุปสรรคที่สำคัญในการพัฒนาเทคนิค 4D CAD model แต่คาดว่าเมื่อการเขียนแบบ 3 มิติกลายเป็นมาตรฐานการปฏิบัติก็จะทำให้ 4D CAD model กลายเป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายอย่างรวดเร็ว และขั้นตอนนี้ก็จะไม่จำเป็นอีกต่อไป

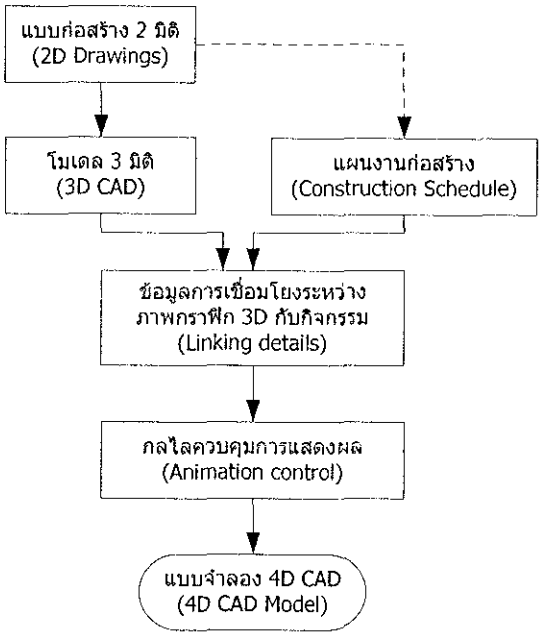
2. การจัดทำแผนงานก่อสร้าง (schedule) – จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าแผนงานก่อสร้างจะถูกจัดเตรียมขึ้นในขั้นตอนที่ออกแยกจากการเขียนแบบ 3 มิติโดยสิ้นเชิง โดยที่แผนงานก่อสร้างนั้นในปัจจุบันก็มีโปรแกรมใช้ช่วยจัดเตรียมอยู่จำนวนหนึ่ง ที่นิยมได้แก่ Primavera, Microsoft Project, Suretrack เป็นต้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำแผนงานก่อสร้างคือโครงสร้างการกระจายงานย่อย (Work breakdown structure) ซึ่งอาจมีหลักการแตกกระจายงานแตกต่าง ๆกัน แต่โดยหลัก ๆแล้วจะมีแนวทางการกระจายอยู่ 2 แนวคือการกระจายงานในเชิงส่วนประกอบหรือชิ้นส่วนของสิ่งก่อสร้าง (component-based tasks) เช่น งานฐานราก งานเสา งานคาน งานพื้น งานผนัง เป็นต้น และการกระจายงานในเชิงการปฏิบัติงาน (operation-based tasks) เช่น งานติดตั้งแบบหล่อ งานผูกเหล็ก งานเทคอนกรีต งานทำความสะอาด เป็นต้น ซึ่งงานที่กระจายออกมาในเชิงส่วนประกอบนั้นจะสามารถเชื่อมโยงกับรูปกราฟฟิค 3 มิติได้แต่สำหรับงานที่เชิงการปฏิบัติงานนั้นจะไม่สามารถเชื่อมโยงกับรูปกราฟฟิค 3 มิติได้โดยตรงแต่จะต้องเป็นการอ้างอิงกับชิ้นส่วนที่กำลังปฏิบัติงานนั้น ๆ หรือพื้นที่ทำงานที่ใช้สำหรับปฏิบัติงานนั้น ๆ

นอกจากแผนงานก่อสร้างจะเป็นการกำหนดรายการกิจกรรมต่าง ๆทั้งหมดแล้วยังเป็นการกำหนดเวลาดำเนินการของกิจกรรมต่าง ๆเหล่านี้ด้วย ได้แก่ วันที่เริ่ม วันที่เสร็จ และระยะเวลาดำเนินการ ซึ่งข้อมูลเชิงเวลานี้เองที่จะใช้ในการควบคุมการแสดงผล animation ของ 4D CAD modelโดยที่ที่ ณ จุดเวลาใด ๆจะแสดงภาพชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างที่มีกำหนดการเริ่มดำเนินการไปแล้ว ที่แล้วเสร็จแล้ว ที่กำลังดำเนินการอยู่ แต่จะไม่แสดงภาพชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างที่ยังไม่ถึงกำหนดการเริ่ม

3. การเชื่อมโยงด้วย task identity – คือการเชื่อมโยงข้อมูลในแผนงานก่อสร้างกับข้อมูลภาพกราฟฟิคแบบ 3 มิติการเชื่อมโยงจะทำโดยการจับคู่ผ่านคีย์อ้างอิง (linking keys) ที่ใช้เป็นชื่อของกิจกรรมก่อสร้างต่าง ๆ โดยที่รายการกิจกรรมต่าง ๆที่ปรากฏอยู่ในแผนงานจะต้องจับคู่กับชื่อของกลุ่มวัตถุ 3 มิติ (3D CAD objects) ที่แสดงแทนชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างของกิจกรรมนั้น ๆ โดยลักษณะของความสัมพันธ์จะเป็นแบบ many-to-many คือ กิจกรรมหนึ่งอาจจับคู่กับกลุ่มวัตถุ 3 มิติได้มากกว่าหนึ่งชิ้น และกลุ่มวัตถุ 3 มิติหนึ่งกลุ่มอาจจับคู่กับกิจกรรมได้มากกว่าหนึ่งงาน

วิธีการกำหนดการเชื่อมโยงนี้สามารถทำได้โดยการเขียนโปรแกรมเพื่อเรียกข้อมูลชื่อรายการกิจกรรมต่าง ๆที่อยู่ในแผนงานและเรียกข้อมูลชื่อรายการกลุ่มวัตถุ 3 มิติต่าง ๆที่อยู่ในโมเดลแบบก่อสร้าง 3 มิติ โดยให้ผู้สร้างโมเดลเป็นผู้กำหนดการจับคู่ และข้อมูลการเชื่อมโยงนี้จะถูกจัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูลอิสระแยกต่างหากจากไฟล์แผนงานและไฟล์แบบก่อสร้าง ซึ่งถ้าโปรแกรมวางแผนงานกับโปรแกรมเขียน

แบบเป็นชนิดที่รองรับการพัฒนาโปรแกรมเพิ่มด้วยภาษา Visual Basic for Application: VBA ก็จะทำให้การเชื่อมโยงนี้ทำได้สะดวก ได้แก่โปรแกรม MS Project และ AutoCAD เป็นต้น และโปรแกรมฐานข้อมูลที่ใช้เชื่อมโยงที่รองรับภาษา VBA ได้แก่ MS Access ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวเหล่านี้เป็นโปรแกรมที่นิยมใช้งานกันโดยทั่วไป



รูปที่ 5.2 ขั้นตอนทั่วไปในการสร้าง 4D CAD model

4. การสร้างกลไกควบคุมการแสดงผล – คือขั้นตอนสุดท้ายของการสร้าง 4D CAD modelโดยที่ที่ ณ จุดเวลาใด ๆจะแสดงภาพชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างที่มีกำหนดการเริ่มดำเนินการไปแล้วคือ กิจกรรมที่แล้วแล้วเสร็จ (Finished Activities) และกิจกรรมที่กำลังดำเนินการอยู่ (In-progress Activities) แต่จะไม่แสดงภาพชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างที่ยังไม่ถึงกำหนดการเริ่ม (Not-started Activities) โดยการเขียนโปรแกรมให้เรียกหาข้อมูลในแผนงานก่อสร้างเพื่อหาช่วงระยะเวลาการดำเนินการ (วันที่เริ่มและวันที่เสร็จ) ของกิจกรรมแต่ละกิจกรรม และใช้ linking keys เพื่อเชื่อมโยงมายังกลุ่มวัตถุ 3 มิติต่าง ๆที่เป็นภาพกราฟฟิคตัวแทนของกิจกรรมนี้ โดยกำหนดให้โปรแกรมวนลูปด้วยระยะเวลาทั้งหมดของโครงการก่อสร้างตั้งแต่วันเริ่มโครงการจนถึงวันเสร็จสิ้นโครงการ และกำหนดให้ในตอนเริ่มต้นของการแสดงแผนภาพ แสดงกลุ่มวัตถุ 3 มิติทั้งหมดในแบบอยู่ในสถานะซ่อน (Hide - มองไม่เห็นจากจอภาพ) จากนั้นจึงค่อย ๆเปลี่ยนเป็นสถานะแสดง (Show - แสดงทางจอภาพ) เฉพาะเมื่อถึงเวลาเริ่มดำเนินการกิจกรรมนั้น ๆเท่านั้น กลไกการควบคุมการแสดงผลกลุ่มวัตถุ 3 มิติ จะทำให้เกิดภาพ animation ที่แสดงการดำเนินการก่อสร้างตามที่กำหนดในแผนงาน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นี้ก็คือ 4D CAD model

5.3 การใช้ประโยชน์ของเทคนิค 4D CAD model

ประโยชน์ของการใช้ 4D CAD model สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ด้านหลักดังนี้

1. ใช้เป็นเครื่องมือสื่อการแสดงภาพ (visualization tool) คือการใช้แสดงภาพ animation ของขั้นตอนการก่อสร้างในลักษณะที่สมจริงตามแผนงานที่กำหนดขึ้น ทำให้เกิดเป็นรูปธรรมขึ้นเพื่อการสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนและตรงกัน โดยไม่ต้องอาศัยการตีความหรือการรับรู้ภายในตามแต่ละบุคคล ทำให้มีประสบการณ์ที่ตรงกัน และโดยเฉพาะสามารถแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ทำงาน (working space) ที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาได้อย่างชัดเจน อย่างที่เทคนิคการแสดงแผนงานอื่น ๆไม่สามารถทำได้

2. ใช้เป็นเครื่องมือบูรณาการ (integration tool) การสร้าง 4D CAD model เป็นการทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนและบูรณาการระหว่างข้อมูลจากสองแหล่งอิสระที่เคยแยกกันอยู่ คือข้อมูลการออกแบบและข้อมูลการวางแผน เป็นการเชื่อมโยงข้ามสาขาความเชี่ยวชาญที่ต่างกัน และเฟสที่ต่างกัน คือ design phase และ construction phase ซึ่งสามารถทำให้เกิดการประสานงานที่ดีระหว่างกัน การตรวจสอบและการแลกเปลี่ยนข้อมูล และสร้างความเข้าใจร่วมกัน เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบและสร้างความต่อเนื่องระหว่าง design phase และ construction phase ซึ่งมักเป็นต้นเหตุของปัญหาที่สำคัญต่าง ๆของธุรกิจการก่อสร้าง

3. ใช้เป็นเครื่องมือช่วยวิเคราะห์แผนงาน (analysis tool) จากความสามารถของ 4D CAD model ที่ใช้ในการตรวจสอบต่าง ๆทำให้สามารถบ่งชี้ปัญหาที่มีอยู่ในแผนงานหรือแบบก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว และสามารถหาหนทางปรับแก้ได้ทัน ก่อนที่จะดำเนินการก่อสร้างจริง ทำให้ได้แผนงานที่สมบูรณ์แบบและมีความเป็นไปได้จริงมากยิ่งขึ้น ซึ่งปัญหาหลัก ๆในงานก่อสร้างที่ 4D CAD model มีความสามารถที่จะวิเคราะห์ได้ได้แก่ ปัญหาด้านพื้นที่ทำงานที่ซ้อนทับ ปัญหาความปลอดภัย ปัญหาขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง เป็นต้น ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะนำข้อมูลจาก 4D CAD model มาใช้ในการเขียนโปรแกรมและสร้างฟังก์ชันต่าง ๆเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างละเอียดและแม่นยำกว่าการสังเกตุด้วยตาจากภาพ animation เพียงอย่างเดียว

Koo และ Fisher (2000) ได้ศึกษาการใช้ 4D CAD model ในโครงการก่อสร้างตัวอย่างเพื่อสรุปหาประโยชน์ที่ได้รับ พวกเขาพบว่า 4D CAD model เป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์เพราะสามารถช่วยให้ผู้ใช้ทำความเข้าใจกับแผนงานก่อสร้างที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วและสามารถบ่งชี้ปัญหาต่าง ๆของแผนงานนั้นได้ ซึ่งปัญหาเหล่านี้อาจถูกตรวจพบได้ยากในแผนงานแบบแกนท์ชาร์ทเนื่องจากข้อมูลที่แสดงถึงกิจกรรมเป็นเพียงตัวหนังสือบอกชื่อของกิจกรรม ร่วมกับแท่งบาร์ที่บอกช่วงระยะเวลาดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1 ข้อบกพร่องของแผนงาน ในแผนงานโครงการก่อสร้างหนึ่งอาจประกอบด้วยกลุ่มงาน และกิจกรรมต่าง ๆจำนวนมาก ซึ่งมักพบอยู่เสมอว่าเนื้องานบางส่วนของโครงการไม่ได้ถูกใส่ไว้แผนงานด้วยความบกพร่องหรือหลงลืม เนื้องานส่วนนั้นอาจมาถูกค้นพบก็ต่อเมื่อโครงการได้ดำเนินการไปแล้วและเกิดปัญหาขึ้น ทั้งนี้การสร้าง 4D CAD model มีขั้นตอนที่ต้องเชื่อมโยงภาพวัตถุ 3 มิติที่แทนชิ้นส่วนของสิ่งก่อสร้าง กับรายการกิจกรรมต่าง ๆ และเมื่อมีการเล่น animation จะทำให้สามารถพบได้โดยง่ายว่าชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างใดบ้างที่ยังไม่ถูกเชื่อมโยงกับกิจกรรมในแผนงาน

3.2 ความไม่ต่อเนื่องของระดับชั้นของงานในแผนงาน ในการทำโครงสร้างการกระจายงานย่อยนั้นผู้วางแผนต้องเป็นผู้กำหนดระดับชั้นของงานและความละเอียดของการกระจาย ซึ่งบางครั้งอาจพบว่าไม่

เหมาะสมโดยอาจกระจายแบบหยาบเกินไป หรือละเอียดเกินไป แต่ขั้นตอนการสร้างและเล่น 4D CAD model จะทำให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่ากิจกรรมใดที่ถูกกระจายหยาบเกินไปเพราะจะทำให้ปรากฏเป็นกลุ่มภาพกราฟฟิคจำนวนมากแสดงขึ้นด้วยกิจกรรมงานเดียว และในทางตรงกันข้ามสำหรับการกระจายที่ละเอียดเกินไป

3.3 ลำดับขั้นตอนงานที่เป็นไปไม่ได้ ในการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของการทำแผนงานก่อสร้างนั้น มีความสัมพันธ์อยู่เป็นจำนวนมาก และอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดหรือไม่เหมาะสมได้ ซึ่งในการเล่น 4D CAD model จะทำให้สามารถค้นพบความสัมพันธ์ที่ไม่เหมาะสมได้อย่างชัดเจนเมื่อชิ้นส่วนต่าง ๆทยอยปรากฏขึ้นบนจอภาพตามลำดับ ภาพชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างที่ปรากฏจะช่วยสร้างความรู้สึกว่าลำดับขั้นตอนการก่อสร้างสมเหตุผลหรือไม่

3.4 ความแออัดของพื้นที่ทำงานจุดต่าง ๆในช่วงเวลาต่าง ๆ ในการดำเนินการก่อสร้าง ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องมีพื้นที่ทำงานอย่างพอเพียงสำหรับงานนั้น ๆ ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยด้วย แต่จากความจำกัดของเวลาโครงการจึงมักพบอยู่เสมอว่ากิจกรรมหลายงานต้องมีพื้นที่ทำงานที่ซ้อนทับกันในช่วงเวลาที่ซ้อนทับกัน ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาความแออัดหรืออาจไม่สามารถทำงานร่วมกันได้จริงเลย การใช้ 4D CAD model เป็นเครื่องมือในการช่วยตรวจสอบความแออัดของพื้นที่ทำงานนี้เป็นประโยชน์ประการสำคัญโดยตรง เพราะแผนภาพ 4D สามารถสื่อให้เห็นถึงการใช้พื้นที่ว่างโดยตรงในแบบ 3 มิติ และช่วงเวลาที่พื้นที่ทำงานหนึ่งถูกใช้ ซึ่งเมื่อเทียบกับแผนงานแบบแกนต์ชาร์ตที่ไม่สามารถให้ข้อมูลในแง่นี้ได้เลย นอกจากนี้ปัญหาความเข้าถึงได้ (accessibility) เป็นปัญหาที่คล้ายกับความแออัดของพื้นที่ทำงาน เนื่องจากเป็นปัญหาในเชิงพื้นที่ว่าง (space) ซึ่ง 4D CAD model สามารถสื่อให้เห็นได้ว่าพื้นที่ก่อสร้างใดบ้างที่อาจเข้าถึงได้ยากในช่วงเวลาต่าง ๆ เนื่องจากมีงานอื่น ๆที่มีพื้นที่ทำงานขวางกั้นการเข้าถึงได้อยู่

อย่างไรก็ตามซอฟแวร์ 4D CAD model ที่มีอยู่ในปัจจุบัน (Heesom และ Mahdjoubi, 2004) ได้แก่ Schedule Simulator โดย Bentley Systems, SmartPlan Review โดย Intergraph Incorporated, Project Navigator 2000 โดย VirtualSTEP, FourDviz โดย Balfour Technologies, Common Piont 4D, และ Visual Project Scheduler โดยที่ซอฟแวร์เหล่านี้จะมุ่งเน้นไปที่เครื่องมือในการช่วยการสร้างและแสดงผลภาพ 4D CAD model ขึ้นในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ โดยที่ไม่ได้เน้นไปที่การสร้างฟังก์ชันเพื่อใช้ 4D CAD model ในการช่วยวิเคราะห์แผนงาน การเปรียบเทียบซอฟแวร์เหล่านี้ได้สรุปรวมอยู่ในตารางที่ 5.1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 ตารางการเปรียบเทียบทางเทคนิคระหว่างซอฟแวร์ 4D CAD model (ที่มา: Heesom และ Mahdjoubi, 2004)

Name	Add into existing CAD package	Stand-alone package	Manual linking of product process	Formalized PBS-WBS linking	Type of CAD data required	IFC compliant	Planning software supported	Visualization medium	Web enabled	Real time updates of task 3D model	3D product object grouping	Real time navigation of 3D environment
Bentley Schedule Simulator	No	Yes	Yes	No	Microstation	No	Primavera	Internal Bentley 3D Format	No	No	Manual	No
Common Point 4D	No	Yes	Yes	No	AutoCAD, VRML	Yes	MS Project Primavera	VRML, 3D Studio, Macromedia Shockwave, AutoCAD dwg format	No	Yes	Manual	Yes
SmartPlant Review	No	Yes	Yes	No	VR 3D objects (VRML)	No	MS Project Primavera	Internal 3D Format	No	Yes	Manual	No
Project Navigator	No - Add in to Web Browser	Yes	Yes	No	3D VR Objects (VRML)	No	None	VRML	Yes	No	Manual	Yes
FourDviz	No	Yes	Yes	No	3D CAD data (DXF)	No	None	Internal 3D Format	No	Yes	Manual	Yes
Visual Project Scheduler	No	Yes	Yes	No	DXF	No	None	OpenGL	No	No	Manual	Yes

5.4 ข้อจำกัดของเทคนิค 4D CAD model

อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้ยังอยู่ในขั้นพัฒนาและยังมีข้อจำกัดต่าง ๆที่ทำให้ไม่สามารถใช้ทดแทนแผนภาพของแผนงานแบบแกนต์ชาร์ตหรือแบบเน็ตเวิร์คได้อย่างสมบูรณ์ ได้แก่ ปัญหาในการสร้างแบบจำลอง 3D CAD ปัญหาการเชื่อมโยง 3D CAD Objects กับกิจกรรมก่อสร้างทั้งหมด ปัญหาการแสดงผลทางเอกสาร และปัญหาการแสดงผลภาพ การประยุกต์ใช้เทคนิคนี้จึงยังคงเป็นลักษณะของสิ่งเพิ่มเติมขึ้นหรือส่วนเสริม (supplement) โดยที่ผู้ที่จะใช้แผนภาพ 4 มิติก็ยังคงต้องสร้างแผนงานแบบปกติ (แกนต์ชาร์ต) จึงเป็นการเพิ่มภาระงานของนักวางแผนและทำให้เทคนิคนี้ไม่เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง ซึ่งผู้วิจัยมีแนวคิดในการปรับปรุงและแก้ไขข้อจำกัดของเทคนิคแผนภาพ 4 มิติในด้านต่าง ๆ เพื่อมุ่งหวังให้เทคนิคนี้สามารถกลายเป็นวิธีมาตรฐาน (conventional method) ของการแสดงแผนงานก่อสร้างได้ในอนาคต

ประเด็นปัญหาการสร้าง 4D CAD model และข้อจำกัดของการใช้ 4D CAD model แทนแผนงานก่อสร้างและแบบก่อสร้าง 2 มิติเทคนิค 4D CAD model นี้เป็นเทคนิคใหม่ที่กำลังอยู่ในขั้นของการวิจัยและพัฒนา ซึ่งยังคงมีประเด็นศึกษาอยู่อีกหลายประเด็น ดังที่เสนอต่อไปนี้

1. ความยุ่งยากในการสร้างโมเดล – เนื่องจากในปัจจุบันการเขียนแบบ 3 มิติ (3D CAD) ยังอยู่ในยุคที่เริ่มต้น ยังไม่ได้เป็นแนวปฏิบัติทั่วไปเหมือนกับการเขียนแบบ 2 มิติ (2D CAD) ซอฟต์แวร์ช่วยเขียนแบบ 3D CAD ที่มีอยู่ก็ยังไม่สมบูรณ์และใช้ได้ไม่ง่ายนัก ทำให้ต้องเสียเวลาอย่างมากกับการเตรียมแบบก่อสร้าง 3 มิติขึ้นมาใหม่หรือสร้างจากแบบ 2 มิติรวมทั้งการเตรียม 3D CAD ก็ยังต้องการใช้ทรัพยากรบุคคลที่มีทักษะความสามารถสูงเท่านั้นจึงจะทำได้ นอกจากนี้วิธีในการเชื่อมโยงแผนงานก่อสร้างกับแบบก่อสร้าง 3 มิติก็ยังใช้เวลาในการเลือกจับคู่ทีละอัน ซึ่งก็คงต้องมีการพัฒนาวิธีการต่อไปเพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วที่สุด ซึ่งถ้าการเชื่อมโยงทำได้สะดวกแล้วก็จะทำให้ทั้งการแก้ไขและการปรับปรุง 4D CAD model สามารถทำได้สะดวกอีกด้วย ดังนั้นความคุ้มค่าของโมเดล 4D CAD model ที่หมายถึง

ประโยชน์ได้รับต่อทรัพยากรที่ใช้ไป ในขั้นการพัฒนาต้นแบบ (prototype development) นี้อาจมีความคุ้มค่าน้อย แต่ในอนาคตเมื่อมีการพัฒนาเพิ่มเติมเป็นลำดับก็น่าจะทำให้ 4D CAD model กลายเป็นแนวการปฏิบัติมาตรฐานได้ในที่สุด

2. การเชื่อมโยงกิจกรรมในเชิงการปฏิบัติการ (operation-based tasks) – เนื่องจากแนวคิดพื้นฐานของการสร้าง 4D CAD model คือการเชื่อมโยงกิจกรรมกับภาพกราฟฟิควัตถุ 3 มิติของชิ้นส่วนก่อสร้าง ทำให้โครงสร้างการกระจายงานย่อย (work breakdown structure) ที่กระจายออกมาในเชิงการปฏิบัติการ (operation-based tasks) หรือกิจกรรมที่ไม่ใช่การสร้างชิ้นส่วนของสิ่งก่อสร้างจึงไม่สามารถเชื่อมโยงกับภาพกราฟฟิควัตถุ 3 มิติใด ๆได้โดยตรง อาจต้องเลี่ยงไปอ้างอิงกับกลุ่มภาพกราฟฟิควัตถุ 3 มิติที่เป็นพื้นปฏิบัติการของกิจกรรมนั้น ตัวอย่างเช่น งานทำความสะอาด ต้องไปเชื่อมโยงกับภาพชิ้นส่วนที่เป็นพื้นที่ที่ต้องการทำความสะอาด หรืองานผูกเหล็กคาน งานตั้งแบบหล่อคาน งานเทคอนกรีตคาน จะต้องเชื่อมโยงไปที่กลุ่มภาพกราฟฟิคอันเดียวกันที่เป็นคาน หรืองานเตรียมเอกสารสัญญา ที่ไม่เกี่ยวข้องกับส่วนประกอบของสิ่งก่อสร้างเลยจะไม่สามารถเชื่อมโยงกับภาพกราฟฟิควัตถุ 3 มิติได้

3. การแสดงผลข้อมูลความสัมพันธ์และเส้นเวลา – ในการแสดงแผนงานก่อสร้างแบบปกติทั่วไปนิยมทำกันในรูปแบบแกนต์ชาร์ต ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่าง ๆได้ด้วยเส้นลูกศรลากเชื่อมโยงระหว่างแท่งบาร์ของแต่ละกิจกรรม และพื้นที่แสดงบาร์ชาร์ทยังมีแกนนอนเป็นเส้นเวลาของโครงการก่อสร้างด้วย แต่เมื่อใช้เทคนิคการแสดงแผนภาพ 4D CAD model ทำให้เห็นเป็น animation ของกลุ่มภาพกราฟฟิควัตถุ 3 มิติที่ค่อย ๆแสดงทีละกลุ่มตามแผนงานเมื่อเส้นเวลาของโครงการดำเนินไป ซึ่งจะทำให้การแสดงข้อมูลความสัมพันธ์ของกิจกรรมไม่สามารถทำได้อย่างชัดเจนเหมือนเส้นลูกศรในแกนต์ชาร์ต รวมทั้งในขณะที่ animation ของ 4D CAD model กำลังดำเนินไปนั้นก็ยังไม่มีข้อมูลอ้างอิงในเห็นเส้นเวลาของโครงการก่อสร้างอีกด้วย จึงเท่ากับว่าการแสดงแผนภาพ 4D CAD model ยังไม่สามารถแสดงข้อมูลความสัมพันธ์ทั้งหมดและเส้นเวลาโครงการดังที่เคยแสดงได้ในแกนต์ชาร์ต

4. การแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ – ในการใช้แผนงานก่อสร้างและแบบก่อสร้าง 2 มิติเพื่อการประสานงานกันภายในระหว่างทีมงานก่อสร้างนั้น สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลได้สองทางคือการใช้ไฟล์คอมพิวเตอร์ของแผนงานก่อสร้างและแบบก่อสร้าง และยังสามารถใช้ข้อมูลที่พิมพ์ออกทางเอกสารได้ด้วย ซึ่งรูปแบบข้อมูลทางเอกสารนั้นมีความสะดวกในการใช้ปฏิบัติงานจริงในสถานที่ก่อสร้าง สามารถพกพาได้สะดวก และแก้ไขเพิ่มเติมข้อมูลได้โดยการเขียนด้วยปากกา แต่เนื่องจาก 4D CAD model เป็นลักษณะของภาพยนตร์ animation การพิมพ์ออกทางเอกสารจะทำให้ตัวโมเดลไม่สามารถแสดงข้อมูลได้อย่างที่ควรจะเป็น ทำให้การใช้ 4D CAD model ต้องทำผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์เท่านั้น ทำให้ 4D CAD model ไม่สามารถใช้ทดแทนแผนงานก่อสร้างและแบบก่อสร้าง 2 มิติได้อย่างสมบูรณ์ 4D CAD model จึงเป็นเพียงโมเดลเพิ่มเติมที่ช่วยเสริมให้เกิดความเข้าใจแจ่มแจ้งในตัวแผนงานและแบบก่อสร้าง 2 มิติแบบปกติที่ใช้อยู่เท่านั้น และเท่ากับว่าผู้ที่จะใช้งาน 4D CAD model ก็ยังต้องพึ่งพาและยังต้องสร้างแผนงานก่อสร้างและแบบก่อสร้าง 2 มิติอยู่เช่นเดิม

5.5 แนวทางการพัฒนาเทคนิคการแสดงแผนภาพ 4D CAD model

McKinney และ Fischer (1998) เป็นคณะวิจัยผู้บุกเบิกเทคนิคการแสดงแผนภาพ 4D CAD model ที่ Stanford University ได้เสนอแนวทางในการพัฒนาเทคนิควิธีนี้ออกเป็น 3 แนวคือ

1. การเชื่อมโยง (Interaction tasks) คือการพัฒนาเทคนิควิธีการเชื่อมโยงข้อมูล 3D CAD กับข้อมูลแผนงานในขั้นตอนการสร้าง 4D CAD model ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น การสร้างภาพยนตร์ด้วยภาพจำนวนมากที่ต่อเนื่องกัน โดยที่แต่ละภาพคือภาพ snapshots แสดงสถานะของการก่อสร้างในแต่ละขณะเวลา หรือเป็นภาพ snapshots ซึ่งการสร้างโมเดลด้วยวิธีนี้จะทำให้ได้โมเดลที่เป็นแบบที่ไม่สามารถแก้ไขปรับปรุงได้ และผู้สร้างจะต้องมีข้อมูลทั้งหมดที่สมบูรณ์แล้ว จึงนำมาสร้างเป็น storyboard ก่อนที่จะสร้างเป็นภาพยนตร์

การใช้กฎเกณฑ์ (rule-based batch process) คือการจัดเตรียมแบบ 3D CAD เป็นกลุ่มๆด้วย layers หรือ blocks เพื่อให้สัมพันธ์กับรายการกิจกรรมในแผนงานก่อสร้าง จากนั้นจึงสร้างกฎเกณฑ์ในการเลือกจับคู่ด้วยการเขียนโปรแกรม แล้วจึงให้โปรแกรมทำการเลือกจับคู่ให้โดยอัตโนมัติซึ่งผลที่ได้จากวิธีนี้ทำให้สร้างการเชื่อมโยงได้อย่างรวดเร็ว แต่ไม่ยืดหยุ่นในการจับคู่ และขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์และถูกต้องของกฎเกณฑ์ที่สร้างขึ้น (Dharwadkar และ Cleveland, 1996)

การเลือกจับคู่เอง (linking process) คือการที่ผู้สร้างโมเดลคอยจับคู่ระหว่าง 3D CAD กับกิจกรรม ทีละคู่จนครบทั้งหมดผ่าน dialogue box จากโปรแกรมที่เขียนขึ้น (Williams, 1996) ซึ่งข้อมูลการเชื่อมโยงนี้จะถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูลกลางที่เป็นตัวใช้เชื่อมโยงข้อมูล 3D CAD และข้อมูลจากแผนงานไว้ด้วยกัน วิธีนี้ให้ความยืดหยุ่นในการสร้าง แก้ไขและปรับปรุง 4D CAD model แต่ก็มีข้อด้อยที่จะต้องเสียเวลาและความน่าเบื่อของวิธีการทำ

และสุดท้ายคือแบบการใช้ปฏิสัมพันธ์ (interactive process) จากแบบการเชื่อมโยงต่างๆข้างต้นนั้น จะเกิดจากการแบ่งแยกการจัดเตรียมข้อมูล 3D CAD และแผนงานได้ไว้ก่อนแล้วจึงนำเข้าข้อมูลเหล่านี้เพื่อสร้างเป็น 4D CAD model แต่วิธีแบบการใช้ปฏิสัมพันธ์คือการสร้างโปรแกรมที่รวมเอาทั้งฟังก์ชันในการเขียน 3D CAD และการวางแผนงานก่อสร้างเข้าไว้ด้วยกัน (McKinney และคณะ, 1998) ผู้สร้างโมเดลจึงสามารถสร้าง 3D CAD และแผนงานขึ้นไปพร้อมกันทีละชิ้นส่วนของสิ่งก่อสร้าง โดยที่ข้อมูลทั้งสองชนิดจะเชื่อมโยงกันด้วย key identity ที่จะเป็นชื่อของกิจกรรม ซึ่งจะเป็นวิธีที่มีพัฒนาการที่สุดโดยทำให้ผู้สร้าง 4D CAD model มีความยืดหยุ่นและสะดวกในการสร้างการเชื่อมโยง

2. การวิเคราะห์ (Knowledge tasks) คือการพัฒนาวิธีการนำ 4D CAD model มาใช้เป็นเครื่องมือช่วยวิเคราะห์และตัดสินใจต่างๆ เช่น การใช้วิเคราะห์ตรวจสอบความเหมาะสมของแผนงานก่อสร้าง ทั้งในด้าน เวลา ลำดับกิจกรรม พื้นที่ทำงาน โครงสร้างชั่วคราว (temporary support) เนื่องจาก 4D CAD model ทำให้ผู้วางแผนสามารถเห็นรายละเอียดของการก่อสร้างและสิ่งก่อสร้างเป็นภาพกราฟฟิคของวัตถุ 3 มิติ ที่เคลื่อนไหว มีความใกล้เคียงกับเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นจริงมากขึ้น ทำให้การรับรู้และการทำความเข้าใจกับข้อมูลต่างๆสามารถเกิดได้ดีขึ้น ส่งผลให้สามารถเห็นความผิดพลาด ความไม่เหมาะสมของแผนงานได้ดีขึ้นกว่าการตรวจสอบแผนงานแบบที่เป็นแกนต์ชาร์ต ตัวอย่างเช่น

Akinci และคณะ (2002c) ได้ประยุกต์ใช้ 4D CAD model ในการวิเคราะห์ความแออัดของพื้นที่ทำงานก่อสร้าง Chau และคณะ (2005) ได้พัฒนาต้นแบบ 4D CAD model เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรและพื้นที่ทำงานในสถานที่ก่อสร้าง (construction site management) Ma และคณะ (2005) นำมาใช้เพื่อการวางแผนและเลย์เอาท์สถานที่ก่อสร้างที่ช่วงระยะเวลาต่าง ๆ Jongeling และ Olofsson (2007) ได้เสนอวิธีการวางแผนงานเพื่อวิเคราะห์และปรับปรุง work-flow ของกิจกรรมก่อสร้างโดยการใช้เทคนิคการวางแผนแบบ location-based schedule (หรือ Line of Balance) ควบคู่กับ 4D CAD model โดยที่ 4D CAD model จะสามารถใช้ช่วยเพิ่มคุณค่าให้กับแผนงานแบบ location-based schedules

3. การแสดงผลภาพ (Visual tasks) คือแนวการพัฒนาวิธีการนำเสนอ 4D CAD model ให้สามารถสื่อแสดงข้อมูลประกอบอื่น ๆ (annotation) ที่อาจเป็นรูปภาพ สีสันต่าง ๆ สัญลักษณ์ หรือคำอธิบาย เพื่อให้ 4D CAD model สามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการทำความเข้าใจกับกระบวนการก่อสร้างที่จะเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด เช่น สีที่ต่าง ๆกันของชิ้นส่วน 3D CAD ใช้สื่อถึงสถานะการดำเนินการว่า กำลังดำเนินการอยู่ แล้วเสร็จ หรือเป็น critical activities เป็นต้น หรือการใช้ 4D CAD model เพื่อแสดง temporary structures และเครื่องจักรต่าง ๆที่จะเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการก่อสร้างเพื่อจำลองสภาพสถานที่ก่อสร้างให้สมจริง ช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนขึ้นกับ พื้นที่ทำงานที่ต้องการใช้จริง ขั้นตอนที่จะเกิดขึ้นจริงอย่างละเอียด

การพัฒนาของเทคนิคการแสดงผลภาพ 4D CAD model แบบต่าง ๆที่ผ่านมา ตัวอย่างเช่น Mckinney และ Fischer (1998) ได้พัฒนาระบบต้นแบบที่แสดง 4D CAD model ในสภาพแวดล้อมของโปรแกรม AutoCAD และได้รวมเอาแผนภาพแบบเน็ตเวิร์คมาแสดงร่วมด้วย Sriprasert และ Dawood (2002) สร้างเครื่องมือที่สามารถแสดงแผนงานฐานและแผนงานความก้าวหน้าได้ แต่เป็นการเล่นทีละคราว และมีการใช้เฉดสีเพื่อแสดงสถานการณ์ดำเนินงานของกิจกรรมออกเป็น 2 กลุ่มคือกำลังดำเนินการ และที่ดำเนินการเสร็จแล้ว Chantawit และคณะ (2005) ใช้ annotation เพื่อแสดงข้อมูลคำอธิบายประกอบทางด้านความปลอดภัย โดยสร้างเป็น safety interface แยกออกจาก interface ที่แสดง 4D CAD model (คนละหน้าต่าง) Chau และคณะ (2005) ใช้วิธีแยกแสดง 4D CAD และแผนงานในคนละสภาพแวดล้อม โดยผู้ใช้ต้องจัดหน้าต่างโปรแกรมเหล่านี้ให้เหมาะสม มีการใช้เฉดสีเพื่อแสดงกิจกรรมที่ต่างกัน

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าแนวทางการพัฒนาส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่ 2 แนวทางแรก โดยที่แนวทางการพัฒนาปรับปรุงการแสดงผลภาพยังไม่เป็นจุดที่สนใจหรือคำนึงถึงเท่าที่ควร ทำให้วิธีการแสดงผลภาพยังคงไม่มีทิศทางที่ชัดเจนขึ้นอยู่กับความสะดวกของผู้พัฒนาแต่ละคณะ ในทางตรงข้ามความสามารถในการแสดงผลภาพที่ดีน่าจะเป็นส่วนสำคัญยิ่งในการดึงดูดให้ผู้ใช้งานทั่วไปเริ่มเปลี่ยนมาใช้เทคนิคนี้ อันจะทำให้เทคนิค 4D CAD model เป็นนิยมแพร่หลายได้

5.6 ข้อจำกัดของการแสดงผลภาพ

ปัญหาในการแสดงผลภาพ (visualization problems) ดังกล่าวข้างต้นเป็นข้อจำกัดหนึ่งที่สำคัญของเทคนิค 4D CAD model ที่ทำให้ไม่สามารถใช้ทดแทนแผนภาพของแผนงานแบบแกนต์ชาร์ตหรือแบบเน็ตเวิร์คได้อย่างสมบูรณ์ งานวิจัยนี้ได้บ่งชี้ข้อจำกัดเหล่านี้ไว้ 5 ประการอันได้แก่ การแสดงภาพรวมของแผนงานทั้งโครงการ (the overview of schedules) การแสดงขอบเขตกิจกรรมงานก่อสร้าง (task scope and identity) ระยะเวลา (duration) และความสัมพันธ์ของกิจกรรม (relationships) และการแสดงความแตกต่างระหว่างแผนงานฐานและความก้าวหน้าของโครงการ (tracking project progress) รวมทั้งได้เสนอวิธีในการปรับปรุงการแสดงผลภาพ เพื่อให้เป็นแผนภาพที่สามารถเป็นสื่อแสดงข้อมูลของแผนงานก่อสร้างได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อันจะมีส่วนช่วยให้สามารถนำไปใช้แทนแผนภาพแบบแกนต์ชาร์ตและแบบเน็ตเวิร์คได้ต่อไป

5.6.1 การเปรียบเทียบระหว่างเทคนิคแผนภาพที่มีอยู่

แผนภาพของแผนงานโครงการก่อสร้างนั้นเป็นสื่อที่ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการทำความเข้าใจข้อมูลจำนวนมากของแผนงาน ซึ่งความสามารถในการสื่อแสดงข้อมูลอย่างครบถ้วนและอย่างน่าสนใจมีส่วนสำคัญต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้แผนงานของทีมงานก่อสร้าง ทำให้เข้าใจข้อมูลจำนวนมากได้รวดเร็วและถูกต้องตรงกัน ในการแสดงผลภาพของแผนงานก่อสร้างนั้น มีรูปแบบที่นิยมใช้กันอยู่หลากหลายวิธีซึ่งจะกล่าวถึงรูปแบบหลัก ๆ 3 รูปแบบเพื่อใช้อ้างอิงในการเปรียบเทียบจุดเด่นและจุดด้อยกับวิธีแสดงผลแผนภาพ 4 มิติ ดังนี้

1. แผนภาพเน็ตเวิร์ค (network diagram) เป็นแผนภาพที่ใช้รูปกล่องสี่เหลี่ยมในการแสดงถึงตัวตนของกิจกรรมหนึ่ง โดยที่ภายในรูปสี่เหลี่ยมจะแบ่งเป็นช่องต่าง ๆใช้แสดงข้อมูลเกี่ยวกับตัวกิจกรรมนั้น เช่น ชื่อกิจกรรม ระยะเวลา วันเริ่มและวันเสร็จอย่างเร็ว วันเริ่มและวันเสร็จอย่างช้า ค่าโฟลทอิสระและโฟลทรวม เป็นต้น และใช้เส้นลูกศรลากเชื่อมโยงระหว่างกล่องกิจกรรมเหล่านี้เพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์และลำดับระหว่างกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งสามารถเขียนตัวเลขกำกับบนเส้นลูกศรเหล่านี้เพื่อแสดงค่า lag time หรือ lead time โดยเส้นลูกศรจะสัมผัสกับกล่องกิจกรรมทางด้านซ้ายคือวันเริ่ม หรือด้านขวาคือวันเสร็จของกิจกรรมนั้น ๆได้

จุดเด่นของแผนภาพเน็ตเวิร์ค คือสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่าง ๆได้อย่างชัดเจน ถึงแม้ว่าความสัมพันธ์จะมีความสลับซับซ้อนมากก็ตาม ใช้ช่วยในการคำนวณหาวันเริ่มและเสร็จของกิจกรรม และหาสายทางกิจกรรมวิกฤตได้ มีสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงตัวตนของกิจกรรมหนึ่ง ๆที่ชัดเจนและสามารถแสดงข้อมูลของกิจกรรมหนึ่งได้หลากหลาย ถึงแม้ว่าแผนภาพเน็ตเวิร์คจะสามารถแสดงภาพรวม (overview) ของแผนงานได้แต่โดยทั่วไปแล้วจะต้องใช้พื้นที่มากอาจทำให้ไม่สามารถแสดงแผนงานทั้งหมดได้บนหน้าจอหรือกระดาษแผ่นเดียว และนอกจากความสัมพันธ์แล้วข้อมูลอื่น ๆนั้นถูกแสดงด้วยอักษร (textual data) ซึ่งอาจทำให้ไม่กระตุ้นความสนใจความเข้าใจเท่าที่ควร

2. แผนภาพแกนต์ชาร์ต (Gantt chart) เป็นแผนภาพที่ใช้ตารางและแผนภูมิแท่งร่วมกันแสดงข้อมูลของแผนงาน โดยที่ตารางใช้แสดงข้อมูลต่าง ๆของแต่ละกิจกรรมแบบตัวอักษร เช่นเดียวกับ

แผนภาพเน็ตเวิร์คคือ ชื่อกิจกรรม ระยะเวลา วันเริ่มและวันเสร็จอย่างเร็ว วันเริ่มและวันเสร็จอย่างช้า ค่าโฟลทอิสระและโฟลทรวม เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมหนึ่ง ๆจะใช้แถวหนึ่งแถวของตาราง และข้อมูลแต่ละประเภทแสดงในคอลัมน์ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีแผนภูมิแท่งแนวนอนที่มีแกนนอนเป็นเส้นเวลาโครงการและแกนตั้งเป็นแถวของตารางรายการกิจกรรม โดยที่แต่ละกิจกรรมจะมีแท่งบาร์หนึ่งแท่งของตนเองใช้แสดงช่วงระยะเวลาและกำหนดการเริ่มและเสร็จ รวมทั้งยังใช้เส้นลูกศรลากเชื่อมโยงระหว่างแท่งบาร์เหล่านี้เพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์แบบต่าง ๆ

เป็นแผนภาพที่เป็นที่นิยมใช้งานอย่างมาก สามารถสื่อถึงตัวตนของกิจกรรมหนึ่ง ๆได้ชัดเจนด้วยการใช้ 1 แถวในตารางแสดงรายการกิจกรรม สามารถแสดงข้อมูลประเภทต่าง ๆของกิจกรรมได้เช่นเดียวกับหรือมากกว่าแผนภาพเน็ตเวิร์ค แต่ยังสามารถแสดงโครงสร้างและระดับชั้นของการแตกกระจายกิจกรรมโครงการได้ด้วย และเนื่องจากใช้แผนภูมิแท่งในการแสดงระยะเวลาของกิจกรรมต่าง ๆจึงทำให้สื่อถึงขนาดเวลาและกำหนดการ (planned data) ได้อย่างชัดเจน และยังสามารถใช้แท่งบาร์อีกชุดหนึ่งเพื่อแสดงกำหนดการจริง (actual data) ที่เกิดขึ้นในระหว่างการติดตามควบคุมความก้าวหน้าโครงการได้ และแสดงความแตกต่างระหว่าง planned data กับ actual data ได้อย่างชัดเจน แผนภาพแกนต์ชาร์ตโดยทั่วไปมีขนาดกะทัดรัดกว่าแบบเน็ตเวิร์คเนื่องจากมีการจัดเรียงเป็นระเบียบแบบตาราง และให้ข้อมูลแบบภาพรวมได้ดี แต่การแสดงความสัมพันธ์ด้วยเส้นลูกศรจะไม่ชัดเจนเท่ากับของแผนภาพเน็ตเวิร์คเนื่องจากอาจเกิดการซ้อนทับกัน

3. แผนภาพปฏิทิน (Calendar) เป็นแผนภาพที่ใช้ช่องแสดงวันต่าง ๆบนปฏิทินเพื่อแสดงรายการกิจกรรมที่มีกำหนดต้องทำในวันนั้น ๆ ซึ่งสัญลักษณ์แทนตัวตนของกิจกรรมใช้แถบบาร์ลากผ่านวันที่เป็นกำหนดดำเนินการ และภายในแถบบาร์อาจแสดงข้อมูลของกิจกรรมนั้น ๆเป็นอักษรเพิ่มเติมอีกเล็กน้อย จุดเด่นคือสามารถแสดงสรุปได้ว่าในแต่ละวันจะต้องทำกิจกรรมใดบ้างอย่างชัดเจน มีแผนภาพที่เป็นระเบียบเป็นตารางปฏิทิน แต่จุดด้อยคือแสดงข้อมูลอื่น ๆนอกจากนั้นได้ไม่มากและไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ มีขนาดไม่กะทัดรัดถ้าโครงการก่อสร้างมีระยะเวลายาวนาน

5.6.2 ข้อจำกัดของแสดงแผนภาพด้วย 4D CAD model

เทคนิคการแสดงแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ (4D CAD model) คือ ลักษณะการแสดงผลเป็นภาพยนตร์ animation จำลองขั้นตอนการก่อสร้างและชิ้นส่วนของสิ่งก่อสร้างเป็น 3 มิติ ซึ่งจุดเด่นของแสดงผลแผนภาพแบบนี้คือ สามารถแสดงผลเป็นรูปธรรมของภาพชิ้นส่วน 3 มิติต่าง ๆที่เป็นตัวตนของกิจกรรมก่อสร้างต่าง ๆ และจำลองลำดับขั้นตอนการก่อสร้างด้วยภาพเสมือนจริง ทำให้เกิดการบูรณาการของข้อมูลการออกแบบและข้อมูลการวางแผนอย่างที่ไม่เคยทำได้มาก่อน อย่างไรก็ตามด้วยเทคนิค 4D CAD model นี้ก็ยังไม่สามารถแสดงข้อมูลจำนวนมากของแผนงานก่อสร้างได้ทั้งหมด และเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคแบบดั้งเดิมทั้ง 3 แบบดังกล่าวข้างต้นทำให้สามารถสรุปข้อจำกัดหรือข้อมูลที่ยังไม่สามารถแสดงผลออกมาได้ไว้ 5 ประการดังนี้

1. การแสดงภาพรวมของแผนงานทั้งโครงการ (the overview of schedules) การแสดงผลภาพของ 4D CAD model เป็นการแสดงภาพเสมือนในขณะเวลาใด ๆแล้วเคลื่อนไปที่เวลาถัด ๆไป จึงเป็นลักษณะแบบการเล่นฉายซ้ำหรือ playback ของภาพยนตร์ โดยไม่สามารถเห็นภาพรวมทั้งหมด ซึ่งการเกิด

มโนทัศน์ความเข้าใจกับเนื้อหาข้อมูลที่นำเสนอจะเป็นเน้นไปที่แบบความเข้าใจในลำดับขั้นตอน แต่ความเข้าใจเนื้อหาทั้งหมดอาจเกิดขึ้นได้ยากกว่า สื่อที่มีความสามารถแสดงให้เห็นภาพรวมของข้อมูลทั้งหมดในคราวเดียวจะคล้ายกับหนังสือที่ผู้อ่านสามารถเห็นข้อมูลได้ทั้งหน้า สามารถอ่านเลื่อนไปทีละบรรทัดหรือชำเลืองไปข้างหน้าข้างหลังได้อย่างรวดเร็วจึงทำให้เกิดความเข้าใจในภาพรวมของเนื้อหา โดยเฉพาะเมื่อแผนงานโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนการเห็นภาพรวมของแผนงานทั้งโครงการอาจช่วยทำให้เกิดความเข้าใจเนื้อหาของงานทั้งหมดได้เร็วขึ้นดีขึ้น

2. การแสดงขอบเขตกิจกรรม (task scope and identity) ลักษณะการแสดงผลภาพของ 4D CAD model โดยทั่วไปนั้นจะใช้สีต่าง ๆเพื่อแสดงสถานะของการดำเนินงานของกิจกรรมนั้น ๆว่ากำลังดำเนินการอยู่หรือแล้วเสร็จ เช่น ใช้สีเขียวแสดงกิจกรรมที่มีสถานะการดำเนินงานเสร็จแล้ว และใช้สีแดงแสดงสถานะกำลังดำเนินการ ทำให้มีการแบ่งประเภทกิจกรรมออกเป็นเพียงสองกลุ่ม โดยที่ไม่สามารถแสดงขอบเขตของกิจกรรมแต่ละกิจกรรมได้ การแสดงความเป็นตัวตนของแต่ละกิจกรรมจึงไม่ชัดเจน แต่จะเห็นเป็นกลุ่มก้อนของงานที่ดำเนินงานเสร็จแล้วและกลุ่มก้อนของงานที่กำลังดำเนินการเท่านั้น

3. ระยะเวลาของกิจกรรม (duration) ที่แสดงผลด้วยแผนภาพ 4 มิติไม่ได้แสดงออกมาในเชิงปริมาณโดยตรง แต่จะแสดงด้วยช่วงเวลาของการดำรงสถานะกำลังดำเนินงานของกิจกรรมนั้น ๆในขณะที่เล่น animation ที่อาจใช้สีแดงแทน เมื่อมีการจำลองให้เกิดการเคลื่อนของเวลาโครงการ กิจกรรมที่คงความเป็นสีแดงได้นานกว่าหมายถึงว่ามีระยะเวลาของกิจกรรมมากกว่า ซึ่งทำให้เปรียบเทียบความแตกต่างของระยะเวลาของกิจกรรมได้ยากไม่ชัดเจนหากเป็นโครงการที่มีขนาดใหญ่หรือกิจกรรมที่มีวันเริ่มต่างกันมาก ๆ

4. ความสัมพันธ์ของกิจกรรม (relationships) ไม่สามารถนำเสนอได้โดยตรงด้วยแผนภาพ 4 มิติ และไม่มีเส้นลูกศรที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่ชัดเจน แต่แสดงได้เป็นวันเริ่มและวันเสร็จของกิจกรรมต่าง ๆและการใช้สีแสดงสถานะที่ไล่เป็นลำดับขั้นกันไปเป็น finish-to-start อย่างไรก็ตามกิจกรรมที่มีเวลาดำเนินการต่อเนื่องกันไม่จำเป็นต้องมีความสัมพันธ์กันเสมอไป นอกจากนี้หลังจากที่กิจกรรม predecessor แล้วเสร็จและเปลี่ยนสีสถานะจะทำให้เสียการแสดงความเป็นตัวตนของกิจกรรมไปดังกล่าวในข้อที่2 ทำให้เกิดการรับรู้ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม predecessor และ successor ได้ยากยิ่งขึ้น ความสัมพันธ์แบบอื่น ๆเช่น start-to-start, finish-to-finish, หรือความสัมพันธ์แบบพิเศษที่มีการ lag time, lead time ก็ยิ่งรับรู้ได้ยากด้วยแผนภาพ 4 มิติ

5. การแสดงความแตกต่างระหว่างแผนงานฐานและความก้าวหน้าของโครงการ (tracking project progress) ในการติดตามความก้าวหน้าของโครงการก่อสร้างด้วยแผนงานแบบแกนต์ชาร์ตนั้น จะทำการเก็บข้อมูลผลการดำเนินงานจริง แล้ววาดแผนภูมิแท่งอีกชุดหนึ่งซ้อนลงบนพื้นที่แสดงแผนงานเดิมเพื่อแสดงการเปรียบเทียบอย่างชัดเจนระหว่างแผนงานที่วางไว้แต่เริ่มแรกกับผลการดำเนินงานจริงที่ทำได้ แต่เทคนิค 4D CAD mode lนี้ ยังไม่มีแนวทางหรือข้อสรุปถึงวิธีการแสดงการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลแผนงานฐานกับผลการดำเนินงานจริง ดังนั้นการนำไปใช้จึงยังจำกัดอยู่เพียงในช่วงการวางแผนงานเท่านั้น

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบความสามารถสื่อข้อมูลของรูปแบบแสดงแผนภาพต่าง ๆ

Visualization capabilities	Network Diagram	Gantt Chart	Calendar	Exist. 4D CAD model

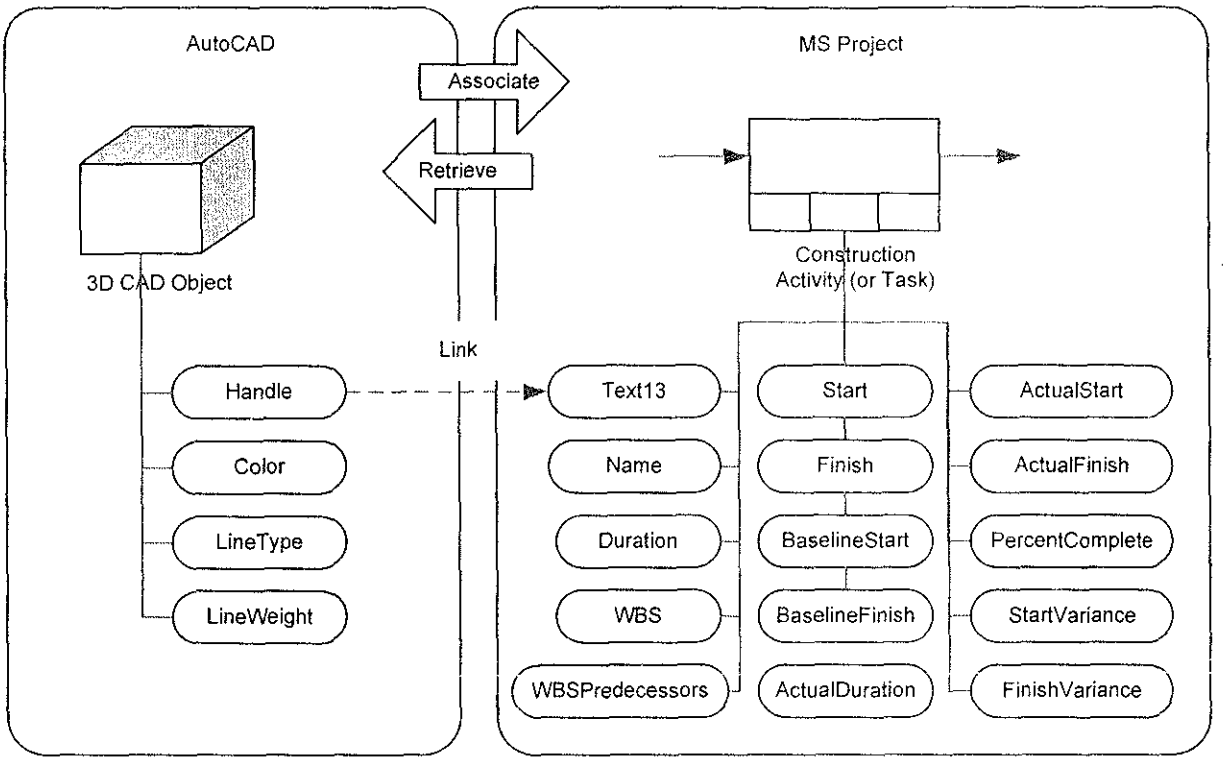
การแสดงภาพรวมของแผนงานทั้งโครงการ	พอใช้	ดี	พอใช้	ไม่มี
การแสดงขอบเขตงาน	พอใช้	ดี	พอใช้	พอใช้
ระยะเวลาของกิจกรรม	พอใช้	ดี	พอใช้	พอใช้
ความสัมพันธ์ของกิจกรรม	ดี	พอใช้	ไม่มี	ไม่มี
การแสดงความก้าวหน้า	พอใช้	ดี	ไม่มี	ไม่มี

หมายเหตุ: ใช้ระดับความสามารถเป็น ดี – พอใช้ – ไม่มี

5.7 แนวทางปรับปรุงการแสดงผลภาพของ 4D CAD model

ระบบต้นแบบของ 4D CAD model ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อทดสอบแนวคิดการปรับปรุงการแสดงผลภาพ โดยพัฒนาด้วยโครงการก่อสร้างตัวอย่างเป็นอาคารคอนโดมิเนียมพักอาศัย ขั้นตอนในการสร้างได้แสดงไว้ดังรูปที่ 5.2 โดยที่ 3D CAD ถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Autodesk's AutoCAD จากข้อมูลของแบบก่อสร้าง 2 มิติที่มีอยู่ ส่วนรายละเอียดบางประการของอาคารได้ถูกละไว้และปรับให้ง่ายเพื่อให้เหมาะสมต่อการวิจัย แผนงานก่อสร้างถูกเตรียมขึ้นด้วยโปรแกรม Microsoft Project ซึ่ง 3D CAD objects จะถูกเชื่อมโยงกับกิจกรรมก่อสร้างที่สอดคล้องกันในแผนงานผ่านทางคีย์เชื่อมโยง คือคุณสมบัติ 'Handle' ของ 3D CAD Objects เหล่านั้น 'Handle' คือข้อมูลอักษระที่ผสมกันที่กำหนดให้เป็นชื่ออ้างอิงประจำ 3D CAD object แต่ละชิ้น โดยจะไม่ซ้ำกันและจะมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งในการสร้างโมเดลของโครงการก่อสร้างนี้มีจำนวน 3D CAD objects ทั้งสิ้น 838 ชิ้น การเชื่อมโยงเกิดจากการดึงข้อมูล Handle เหล่านี้แล้วส่งต่อไปบันทึกในคุณสมบัติ 'Text13' ของกิจกรรมก่อสร้างในแผนงาน โดยที่ 'Text13' เป็นที่เก็บและอ่านข้อมูลประเภทอักษระที่โปรแกรม MS Project จัดไว้ให้กับทุก ๆกิจกรรมก่อสร้าง (หรือ 'Task') การส่งผ่านข้อมูลที่ใช้เป็นคีย์เชื่อมโยงนี้จากโปรแกรม AutoCAD ไปยัง MS Project สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากทั้งสองโปรแกรมสนับสนุน Automation interface และ Component Object Model (COM) สามารถเขียน VBA code ในโปรแกรม AutoCAD เพื่อสร้าง ActiveX object ของ MS Project application ได้ ผลจากการเชื่อมโยงนี้เองทำให้ 3D CAD object ทุกชิ้นเป็นโมเดลภาพตัวแทนของกิจกรรมก่อสร้างในแผนงาน

ตัวควบคุมการจำลองของระบบต้นแบบ 4D CAD model นี้ก็ถูกสร้างขึ้นด้วย VBA code และ AutoCAD's object model การแสดงผลภาพจะเกิดขึ้นบนโปรแกรม AutoCAD ในขณะที่ข้อมูลกิจกรรมและแผนงานก่อสร้างที่เกี่ยวข้องต่าง ๆจะถูกส่งผ่านมาจากโปรแกรม MS Project ดังแสดงหลักการการเชื่อมโยงนี้ในรูปที่ 5.3 พร้อมทั้งคุณสมบัติของวัตถุของทั้งสองโปรแกรมที่ใช้ในการแสดงผลภาพ

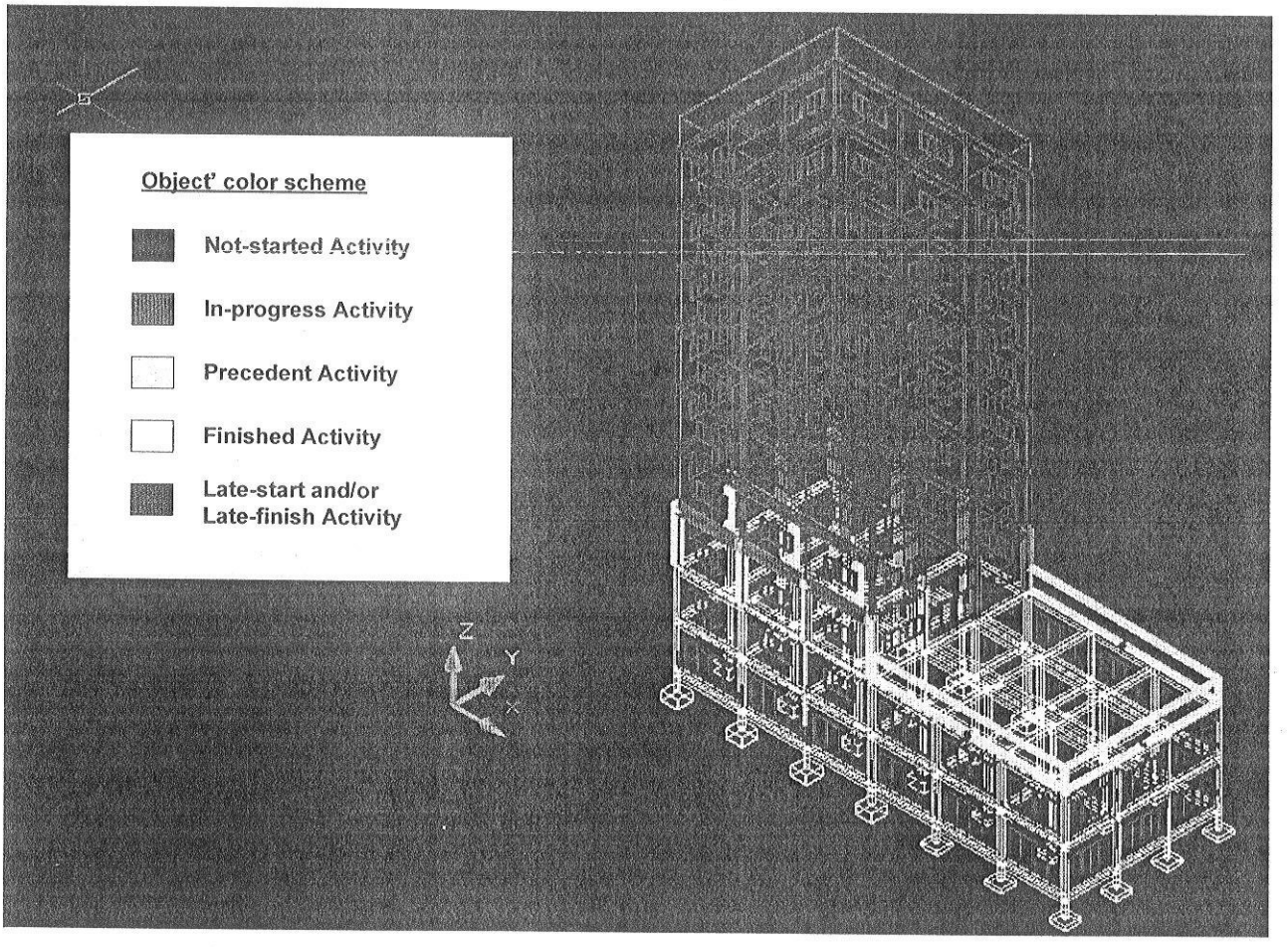


รูปที่ 5.3 การสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง AutoCAD และ MS Project ด้วยการใช้คุณสมบัติของวัตถุ

งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการปรับปรุงการแสดงผลภาพเพื่อให้ตรงจุดกับข้อจำกัดต่าง ๆของเทคนิคที่ได้บ่งชี้ไว้ในหัวข้อก่อนหน้านี้ ทั้งนี้ด้วยการใช้ graphic และ textual annotations และสีต่าง ๆ ของ 3D CAD objects ร่วมกันเป็นสื่อแสดงข้อมูลของแผนงานส่วนที่ขาดหายไป เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแสดงผลข้อมูลของ 4D CAD model คุณสมบัติด้านการแสดงผลภาพบางประการของ 3D CAD object ได้แก่ Color, LineType, LineWeight ใช้ในการกำหนดแสดงสถานะการดำเนินการต่างกันของกิจกรรมก่อสร้าง และรวมทั้งข้อมูลแผนงานของกิจกรรมต่าง ๆก็ถูกนำมาใช้ในการแสดงผลภาพและตัวควบคุมการจำลองของ 4D CAD model ได้แก่ Duration, WBS, WBSPredecessors, Start, Finish, BaselineStart, BaselineFinish, ActualDuration, ActualStart, ActualFinish, PercentComplete, StartVariance, FinishVariance นอกจากนี้ interface เพิ่มเติมที่สร้างขึ้นเพื่อแสดงข้อมูลแผนงานก่อสร้างที่จำเป็น ข้อมูลแผนงานเหล่านี้จะช่วยสร้างความเข้าใจให้กับผู้ใช้โดยไม่ต้องสับเปลี่ยนไปมาระหว่างโปรแกรม AutoCAD และ MS Project โดยใช้โครงการตัวอย่างและรูปที่ 5.4 ประกอบคำอธิบายแนวทางการปรับปรุงต่าง ๆดังนี้

1. การแสดงภาพรวมของแผนงาน (schedule overview) ด้วยการแสดงผลภาพของวัตถุที่เป็นส่วนประกอบของสิ่งก่อสร้างทั้งหมดตลอดการจำลองเหตุการณ์ (simulation) ในตอนเริ่มต้นการจำลองเหตุการณ์ 3D CAD objects ทั้งหมดจะถูกแสดงด้วยสีทึบเช่น สีเทา ซึ่งเป็นสีที่ใกล้เคียงกับสีพื้นหลัง (กำหนดให้เป็นสีดำ) สีเทานี้จึงเป็นสัญญลักษณ์แทนความหมายกิจกรรมก่อสร้างที่ยังไม่ได้เริ่มดำเนินการ จากนั้นแล้วสีของชิ้นส่วนต่าง ๆนั้นจึงถูกเปลี่ยนไปตามสถานะปัจจุบันของกิจกรรมตามลำดับ วิธีการแสดงผลภาพด้วยการเปลี่ยนสีวัตถุนี้ใช้แทนวิธีการซ่อนและแสดง (Hide/Show) ชิ้นส่วนแบบเดิม ทั้งนี้ทำให้ผู้ใช้สามารถเห็นภาพรวมของสิ่งก่อสร้างทั้งหมดอยู่ตลอดเวลาของการจำลองเหตุการณ์ นอกจากนี้ 3D

CAD objects ทั้งหมดยังแสดงในรูปแบบ 3D-Wirefrme ซึ่งใช้เส้นและสีของเส้นในการแสดงขอบเขตของชิ้นวัตถุ ดังในรูปที่ 5.4 ที่แสดงภาพนิ่งที่จุดเวลาหนึ่งของการดำเนินโครงการก่อสร้างนี้ ส่วนประกอบของสิ่งก่อสร้างทั้งหมดได้ถูกแสดง แต่จะมีสีแสดงสถานะการดำเนินการที่ต่าง ๆกันออกไป จะสังเกตได้ว่าชิ้นส่วนที่บริเวณอาคารสูงได้แก่ ผนัง และหน้าต่าง เป็นสีเทา แสดงว่าเป็นส่วนหนึ่งของโครงการก่อสร้างนี้แต่ยังไม่ถึงกำหนดเริ่มดำเนินการ ผู้ใช้สามารถตระหนักถึงปริมาณเนื้องานก่อสร้างและงานเตรียมการอื่น ๆ ของทั้งโครงการ ทำให้สามารถประเมินได้อย่างมีประสิทธิภาพว่าลำดับของการก่อสร้างที่กำหนดไว้ในแผนงานมีความเหมาะสมหรือไม่ รวมทั้งผู้ใช้ยังถูกเตือนอยู่ตลอดถึงปริมาณงานส่วนที่เหลืออยู่และส่วนที่เสร็จไปแล้ว



รูปที่ 5.4 ตัวอย่างแผนงานก่อสร้าง 4 มิติที่ปรับปรุงวิธีการแสดงผลภาพด้วยสีของวัตถุ

2. ระยะเวลาของกิจกรรมก่อสร้างถูกแสดงด้วย interface เพิ่มเติม กล่องโต้ตอบที่ชื่อว่า 'Activities in Progress' ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้แสดงข้อมูลที่สำคัญของกิจกรรมก่อสร้างที่กำลังดำเนินการอยู่ เนื่องจากกิจกรรมที่มีสถานะกำลังดำเนินการนั้นเป็นจุดสนใจของผู้ใช้จึงมีข้อมูลอธิบายประกอบเพิ่มเติมในรูปแบบของ textual format ได้แก่ รหัส WBS ที่ใช้เป็นชื่ออ้างอิงของแต่ละกิจกรรม, ระยะเวลาของกิจกรรม และเปอร์เซ็นต์ของเวลาโครงการ นอกจากนี้ยังแสดงในรูปแบบของ graphic bar เพื่อแสดงความยาวของระยะเวลากิจกรรม กิจกรรมก่อนหน้าก็แสดงไว้ด้วยรหัส WBS ของกิจกรรมนั้น ๆ ข้อมูลประกอบเพิ่มเติมบนกล่องโต้ตอบเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไป ตามกิจกรรมที่มีสถานะกำลังดำเนินการ

อยู่ในปัจจุบันนั้น ตลอดการจำลองเหตุการณ์ รูปที่ 5.5-1 แสดงกิจกรรมที่มีสถานะกำลังดำเนินการ 2 กิจกรรมคือ 5.3 และ 5.4 ทั้งนี้ข้อมูลประกอบเพิ่มเติมในกล่องโต้ตอบระบุว่า กิจกรรม 5.3 มีระยะเวลา 3 วันซึ่งคิดเป็น 0.8% ของโครงการ และกิจกรรม 5.4 มีระยะเวลา 4 วันคิดเป็น 1.0% ของโครงการ ทั้งสองกิจกรรมนี้มีแท่งระยะเวลาแสดงประกอบด้วย ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถรับรู้ถึงความสำคัญและผลกระทบของกิจกรรมเหล่านี้ต่อทั้งโครงการ

นอกจากนี้ การใช้แท่งเลื่อนแนวนอน (Slider Control) ที่ชื่อว่า 'Project Timeline' เพื่อแสดงแทนระยะเวลาทั้งหมดของโครงการ และการก้าวหน้าของเวลาโครงการ แท่ง Slider Control ยังระบุวันที่ปัจจุบันของการจำลองเหตุการณ์ และเปอร์เซ็นต์เวลาถึง ณ ปัจจุบันของทั้งโครงการ การเลื่อนของเข็มจะมุ่งหน้าไปสู่กำหนดเสร็จสิ้นของโครงการหรือก็คือการเสร็จสิ้นของการจำลองเหตุการณ์ แท่ง Slider Control นี้จะช่วยให้ผู้ใช้รับรู้ถึงระยะเวลาโครงการและตำแหน่งจุดเวลาปัจจุบันอยู่ตลอด ทำให้เห็นภาพรวมของระยะเวลาของโครงการ และสามารถอ้างอิงตำแหน่งเวลาเมื่อเทียบกับผลการดำเนินงานที่จะได้ และผู้ใช้ยังสามารถเลื่อนเข็มของ Slider Control ไปที่จุดเวลาที่ต้องการเห็นความก้าวหน้าของงานก่อสร้างได้ โดยinterface นี้จะถูกแสดงไว้ที่ตำแหน่งข้างบนของพื้นที่แสดงผลภาพ ในรูปที่ 5.5-1 เป็นภาพของโครงการเมื่อได้ดำเนินมาถึง ณ วันที่ปัจจุบัน 28/3/2007 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 23.3% ของระยะเวลาโครงการทั้งหมด ผู้ใช้จึงรับรู้ได้ว่าระยะเวลาโครงการได้ถูกใช้ไปแล้ว 1 ใน 4 โดยประมาณ

3. ความสัมพันธ์ของกิจกรรมถูกแสดงด้วยการใช้คุณสมบัติสีและน้ำหนักเส้นต่าง ๆกันของ 3D CAD objects เพื่อแสดงสถานะต่าง ๆของกิจกรรมได้อย่างชัดเจนมากขึ้น ซึ่งแบ่งสถานะการดำเนินการออกเป็น ยังไม่ได้เริ่ม, กำลังดำเนินการ และแล้วเสร็จ และกิจกรรมที่แล้วเสร็จยังแบ่งออกได้อีกเป็นกิจกรรมก่อนหน้าของกิจกรรมกำลังดำเนินการ และที่ไม่ใช่ สีที่ต่าง ๆกันได้ถูกกำหนดให้กับสถานะต่าง ๆ เหล่านี้เพื่อให้การแสดงผลภาพสามารถสื่อข้อมูลสำคัญนี้ไปสู่ผู้ใช้ได้ ดังนี้

สีเทา หมายถึง กิจกรรมที่ยังไม่ได้เริ่ม (Not-started Activity)

สีม่วง หมายถึง กิจกรรมที่กำลังดำเนินการอยู่ (In-progress Activity)

สีเหลือง หมายถึง กิจกรรมที่แล้วเสร็จ ที่เป็นกิจกรรมก่อนหน้าของกิจกรรมที่กำลังดำเนินการอยู่ (Predecessor Finished Activity)

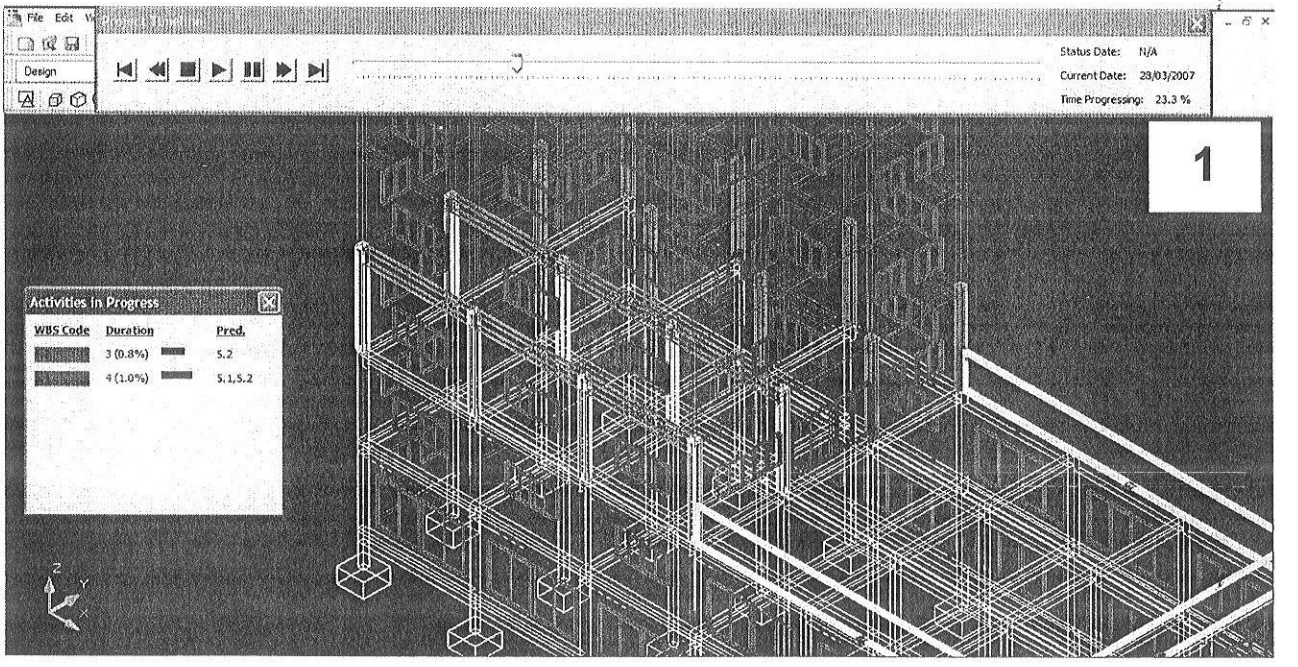
สีขาว หมายถึง กิจกรรมที่แล้วเสร็จ ที่ไม่เป็นกิจกรรมก่อนหน้าของกิจกรรมที่กำลังดำเนินการอยู่ (Not-predecessor Finished Activity)

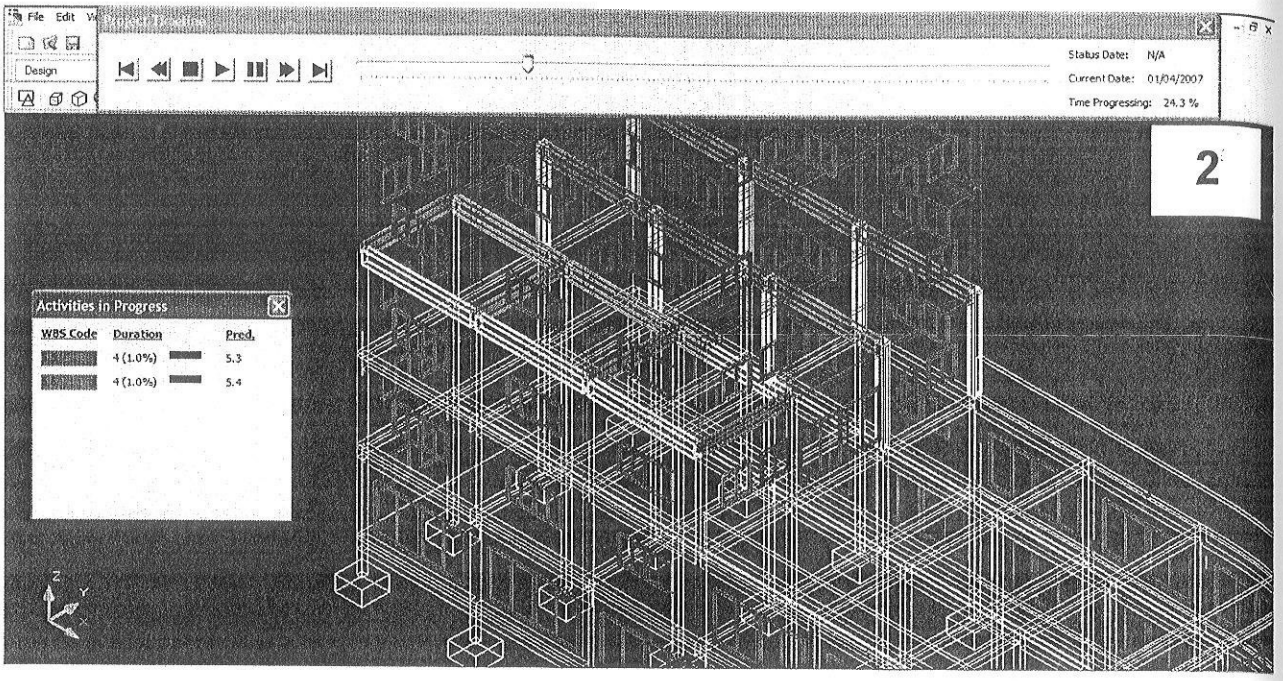
สำหรับกิจกรรมที่กำลังดำเนินการอยู่และกิจกรรมที่เป็นกิจกรรมก่อนหน้าฯเป็นจุดสนใจที่สำคัญและทั้งสองกลุ่มนี้ยังมีความสัมพันธ์กันอยู่ที่ต้องสื่อแสดงให้ผู้ใช้รับรู้ได้ สีที่กำหนดไว้นั้นจึงเป็นการเน้นความชัดเจนและเกิดความสะดุดตา โดยทั้งนี้ได้ใช้สีพื้นหลังของ AutoCAD เป็นสีดำ และน้ำหนักเส้นที่ใช้แสดงวัตถุของกิจกรรมทั้งสองกลุ่มนี้จะกำหนดให้หนากว่าคือ 0.4 mm. ในขณะที่น้ำหนักเส้นของกิจกรรมในกลุ่มที่เหลือคือ กิจกรรมที่ยังไม่ได้เริ่ม และกิจกรรมที่ไม่เป็นกิจกรรมก่อนหน้าฯ จะกำหนดใช้บางกว่าเป็น 0.25 mm. ซึ่งลำดับการเปลี่ยนสีของชิ้นส่วนสำหรับกิจกรรมทั่วไปหนึ่ง ๆ จะเป็นดังนี้

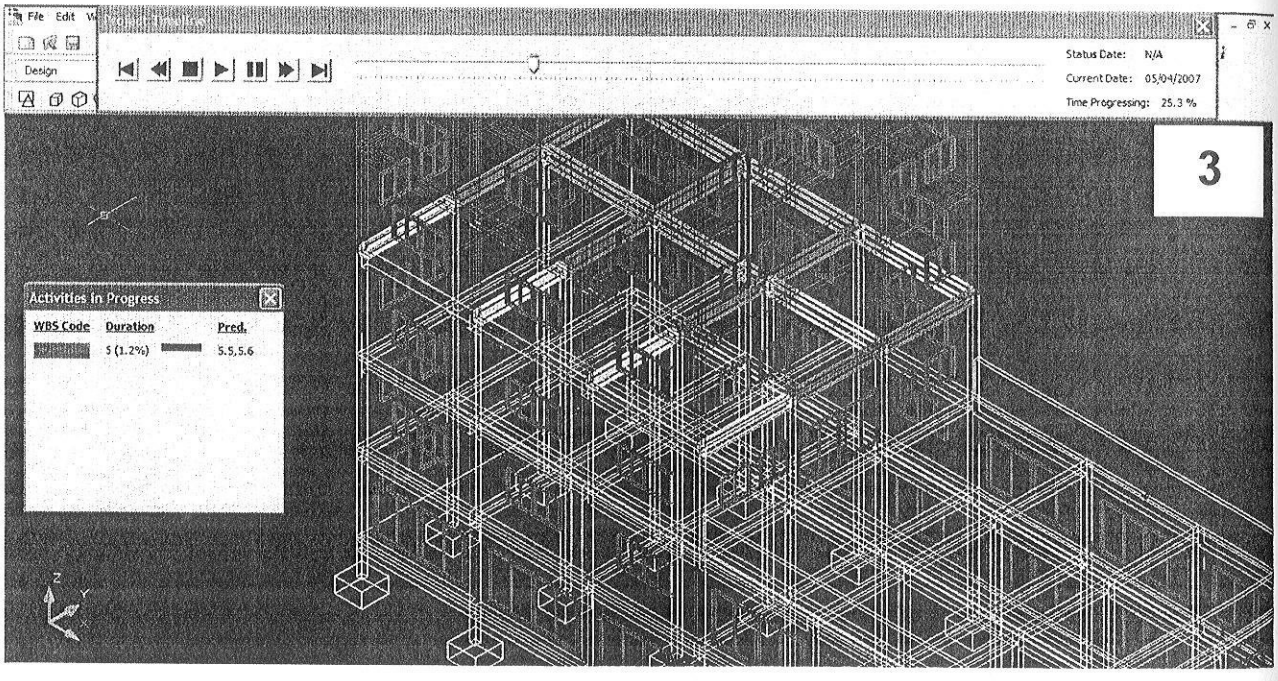
น้ำเงิน → ม่วง → เหลือง → ขาว

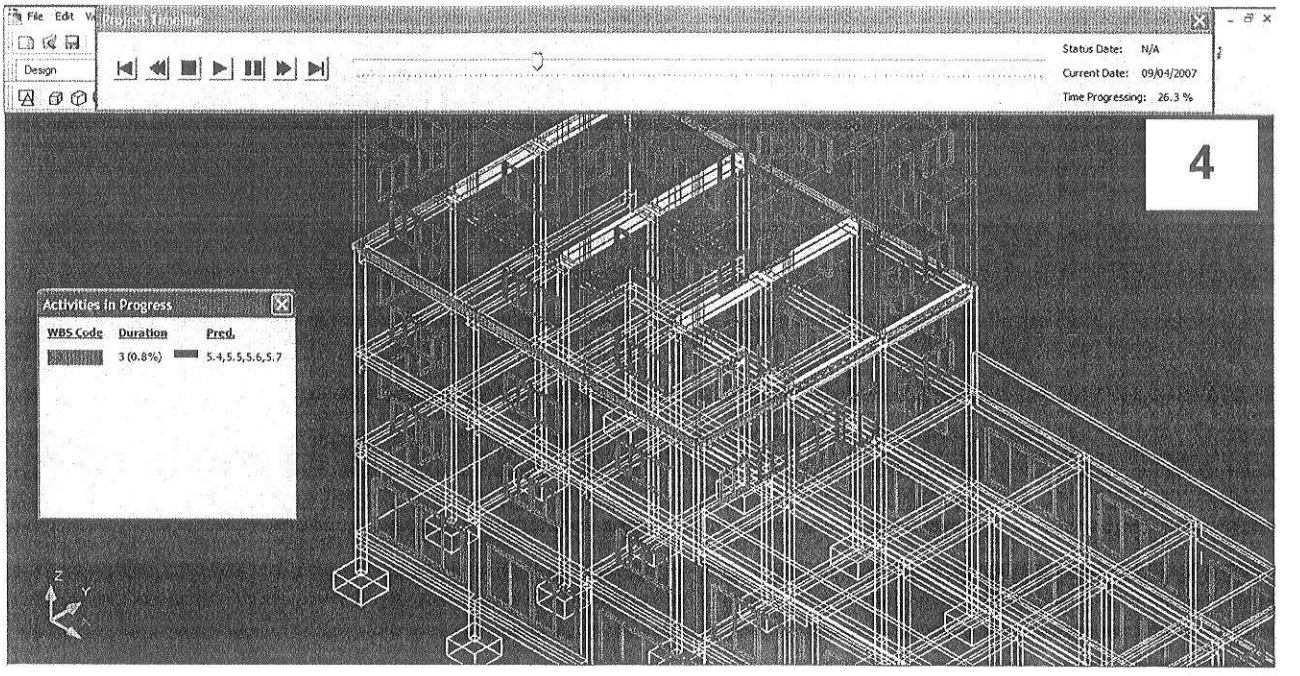
จากตัวอย่างดังรูปที่ 5.5 แสดงรูปถ่ายนิ่ง 4 รูปที่จุดเวลาต่าง ๆกันเป็นลำดับ เพื่อแสดงให้เห็นว่าโครงการมีความก้าวหน้าไปตามเวลาของการจำลองเหตุการณ์ โดยสังเกตุการเปลี่ยนแปลงเป็นลำดับของสีและน้ำหนักเส้นของวัตถุที่ใช้แสดงแทนกิจกรรมก่อสร้างต่าง ๆ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสถานะการดำเนินการของกิจกรรมก่อสร้างต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ในรูปที่ 5.5-1 กิจกรรม 5.3 (เสากลุ่มที่ 2) และกิจกรรม 5.4 (คานกลุ่มที่ 1) เป็นกิจกรรมที่มีสถานะกำลังดำเนินการอยู่ ดังแสดงชิ้นส่วนเหล่านี้เป็นสีม่วง และในขณะที่กิจกรรม 5.3 มีกิจกรรมก่อนหน้าฯเป็น กิจกรรม 5.2 (เสากลุ่มที่ 1) และกิจกรรม 5.4 มีกิจกรรมก่อนหน้าฯสองกิจกรรม คือ กิจกรรม 5.1 (ผนังภายนอก) และกิจกรรม 5.2 ดังแสดงชิ้นส่วนของกิจกรรมก่อนหน้าฯเหล่านี้เป็นสีเหลือง ส่วนกิจกรรมที่ไม่เป็นกิจกรรมก่อนหน้าฯได้แก่ ชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างส่วนล่างของอาคารนี้ ฐานรากทั้งหมด อาคารส่วนบริเวณต่ำ ถูกแสดงเป็นสีขาวเพื่อหมายความว่าชิ้นส่วนเหล่านี้เป็นกิจกรรมที่แล้วเสร็จที่ไม่เป็นกิจกรรมก่อนหน้าฯ

รูปที่ 5.5-2 แสดงรูปภาพนิ่งของจอแสดงผลของจุดเวลาในลำดับถัดมา ซึ่งมีเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงสำคัญ 3 เหตุการณ์ เหตุการณ์แรกคือ กิจกรรม 5.3 และ 5.4 ได้ถูกดำเนินการแล้วเสร็จ และกลายเป็นกิจกรรมก่อนหน้าของกิจกรรมที่กำลังดำเนินการอยู่ในปัจจุบันคือ กิจกรรม 5.5 และ 5.6 3D CAD objects ที่แสดงแทนกิจกรรม 5.3 และ 5.4 ได้เปลี่ยนสีจากสีม่วงเป็นสีเหลือง แต่ยังคงน้ำหนักเส้นไว้ที่ 0.40 มม. เหตุการณ์ที่สองคือ กิจกรรม 5.5 และ 5.6 เป็นกิจกรรมที่กำลังดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน จึงได้รับการเน้น 3D CAD objects ที่แสดงแทนกิจกรรม 5.5 และ 5.6 ได้เปลี่ยนสีจากสีเทาเป็นสีม่วง และน้ำหนักเส้นเปลี่ยนจาก 0.25 เป็น 0.40 มม. เหตุการณ์ที่สามคือ กิจกรรม 5.1 และ 5.2 ซึ่งเคยเป็นกิจกรรมก่อนหน้าฯ กลายสถานะเป็นกิจกรรมที่ไม่เป็นกิจกรรมก่อนหน้าฯ จึงสูญเสียการเน้น 3D CAD objects ที่แสดงแทนกิจกรรม 5.1 และ 5.2 ได้เปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีขาว และน้ำหนักเส้นเปลี่ยนจาก 0.40 เป็น 0.25 มม. เหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงทั้งหมดนี้ช่วยให้ผู้ใช้เกิดการรับรู้ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่าง ๆได้ รูปที่ 5.5-3 และ 5.5-4 แสดงรูปภาพนิ่งของจอแสดงผลของจุดเวลาในลำดับต่อ ๆไป




File Edit
Design
Status Date: N/A
Current Date: 01/04/2007
Time Progressing: 24.3 %
2
Activities in Progress
WBS Code
Duration
Pred.
4 (1.0%)
5.3
4 (1.0%)
5.4


File Edit
Design
Status Date: N/A
Current Date: 05/04/2007
Time Progressing: 25.3 %
3
Activities in Progress
WBS Code
Duration
Pred.
5 (1.2%)
5.5,5.6



รูปที่ 5.5 ลำดับเวลารูป 1-4 ของแผนงานก่อสร้าง 4 มิติแสดงการเปลี่ยนแปลงสถานะการดำเนินงานของกิจกรรม

4. การติดตามความก้าวหน้าของโครงการถูกแสดงด้วยการใช้คุณสมบัติของ 3D CAD objects ได้แก่ สี น้ำหนักเส้น และชนิดเส้น หลังจากที่โครงการได้เริ่มดำเนินการจริง การติดตามความก้าวหน้าของโครงการและแสดงผลด้วยแผนภาพ 4 มิติ สามารถทำได้โดยการจัดทำและการเปรียบเทียบข้อมูล 2 ชุด ของแผนงานฐาน (baseline schedule) และแผนงานความก้าวหน้า (updated schedule) โดยที่ชุดข้อมูลของแผนงานฐานคือแผนงานที่จัดเตรียมไว้ดั้งเดิมในขั้นตอนการวางแผนงาน (ก่อนเริ่มขั้นตอนการก่อสร้าง) และใช้เป็นตัวมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับแผนงานความก้าวหน้า โดยการจำลองเหตุการณ์จะมีลักษณะเหมือนกับแผนงานทั่วไปดังกล่าวข้างต้นทุกประการ ซึ่งสิ่งสำคัญที่ใช้กำหนดควบคุมการแสดงผลภาพคือ เวลาเริ่ม (start) และเวลาเสร็จ (finish) ของกิจกรรมต่างๆ แต่เมื่อโครงการมีความก้าวหน้า ซึ่งอาจทำให้เวลาเริ่มและเวลาเสร็จเปลี่ยนไปเป็นเวลาที่ทำได้จริง (actual start, actual finish) และไม่ตรงตามที่กำหนดในแผนงาน ดังนั้นเวลาเริ่มจริงและเวลาเสร็จจริงของกิจกรรมที่แล้วเสร็จจึงถูกนำมาใช้เป็นตัวกำหนดการแสดงผลภาพของแผนงานความก้าวหน้า ส่วนกิจกรรมที่กำลังดำเนินการอยู่อาจมีส่วนผสมของเวลาจริงและเวลาตามแผน ในกรณีของกิจกรรมที่ยังไม่ได้เริ่มก็ยังคงใช้ค่าเวลาเริ่มและเวลาเสร็จเป็นตัวควบคุม

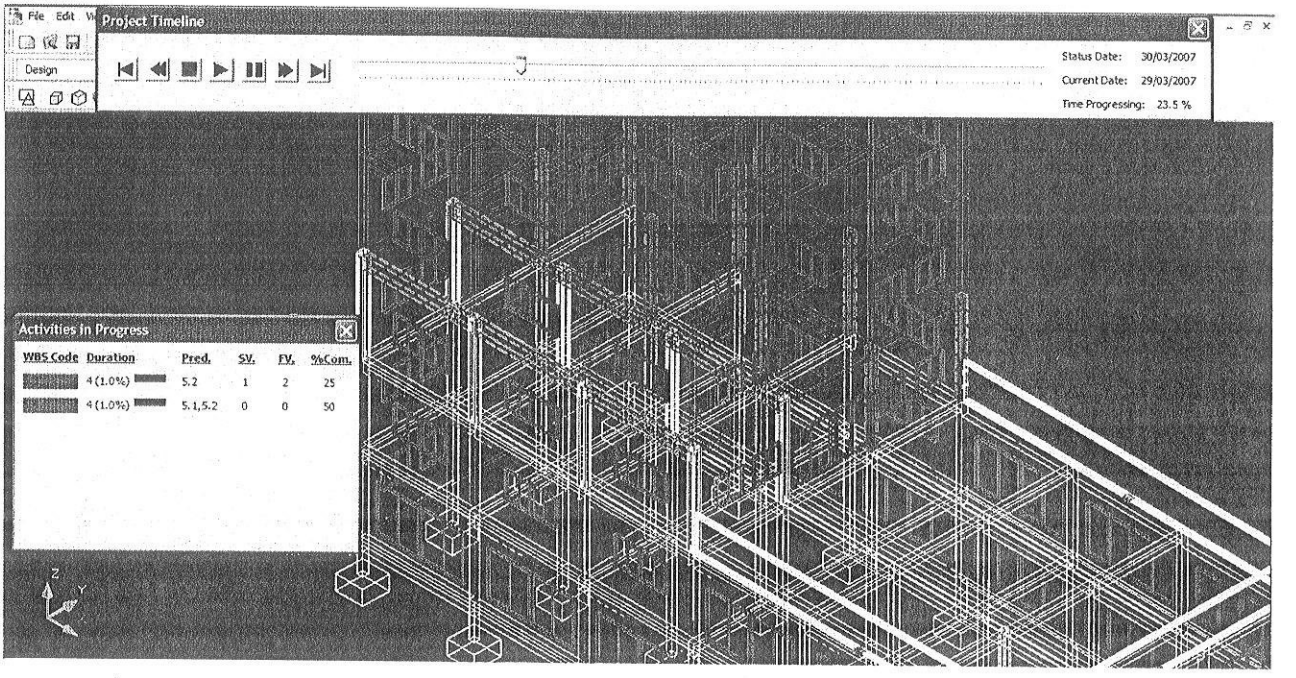
นอกจากนี้ กิจกรรมที่กำลังดำเนินการของแผนงานความก้าวหน้าจะมีข้อมูลอธิบายประกอบเพิ่มเติมแสดงในกล่องโต้ตอบที่ชื่อ 'Activities in Progress' ข้อมูลที่สำคัญที่นำเสนอเพิ่มเติมเป็นข้อมูลที่เกี่ยวกับการติดตามความก้าวหน้าโครงการและการเปรียบเทียบ ได้แก่ ข้อมูลแสดงค่าแตกต่าง (variances) และเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จ (percent complete) โดยที่ค่าแตกต่างที่แสดงในกล่องข้อมูลจะใช้เป็นค่า start variance (SV) และ finish variance (FV) โดยที่ค่า variance ที่เป็นบวกหมายถึงกิจกรรมนั้นล่าช้ากว่าแผน และเป็นลบหมายถึงกิจกรรมนั้นเร็วกว่าแผน

เพื่อแสดงผลภาพของการติดตามความก้าวหน้าของโครงการ กิจกรรมที่กำลังดำเนินการได้ถูกจัดแบ่งออกเป็นกลุ่มได้ดังนี้คือ ล่าช้า ก่อนกำหนด และตามแผน โดยเมื่อกิจกรรมเริ่มดำเนินการจะทำให้มีข้อมูลจริงเกิดขึ้นคือ เวลาเริ่มจริง และหรือเวลาเสร็จจริง ซึ่งถ้าค่าเวลานี้ช้ากว่าแผน กิจกรรมนี้จะถูกระบุให้เป็นกิจกรรมที่กำลังดำเนินการที่ล่าช้า ในทางตรงข้าม ถ้ากิจกรรมที่กำลังดำเนินการมีเวลาเริ่มจริง และหรือเวลาเสร็จจริง เร็วกว่าแผน กิจกรรมนี้จะถูกระบุให้เป็นกิจกรรมที่กำลังดำเนินการที่ก่อนกำหนด และสุดท้าย ถ้ากิจกรรมที่กำลังดำเนินการมีเวลาเริ่มจริง และหรือเวลาเสร็จจริง ตรงกับแผน กิจกรรมนี้จะถูกระบุให้เป็นกิจกรรมที่กำลังดำเนินการที่ตามแผน

โดยที่สีของวัตถุที่กำหนดให้กับกิจกรรมที่กำลังดำเนินการที่ล่าช้าเป็นสีแดง เพื่อให้เป็นที่สะดุดตาหรือให้ความหมายเป็นข้อเตือนถึงผู้ใช้ เพราะกิจกรรมที่ล่าช้าสามารถสร้างปัญหากับกำหนดเสร็จสิ้นโครงการได้ ในขณะที่กิจกรรมที่กำลังดำเนินการที่ก่อนกำหนดนั้นก่อปัญหาได้น้อยกว่า จึงถูกกำหนดสีของวัตถุเป็นสีเขียว และกิจกรรมที่กำลังดำเนินการที่ตามแผน มีการกำหนดสีของวัตถุเป็นสีม่วง ซึ่งเป็นสีเดียวกันกับสีของกิจกรรมที่กำลังดำเนินการของแผนงานฐาน โดยที่น้ำหนักเส้นของกิจกรรมที่กำลังดำเนินการทั้งสามกลุ่มนี้ยังคงให้มีความเน้นด้วยขนาด 0.40 mm.

เพื่อให้เกิดความแตกต่างระหว่างการจำลองเหตุการณ์ของแผนงานฐานและแผนงานความก้าวหน้า จึงกำหนดใช้ชนิดเส้นต่าง ๆกัน โดย 3D CAD objects ที่ใช้แสดงแทนกิจกรรมที่กำลังดำเนินการของแผนงานฐานจะกำหนดใช้เส้นต่อเนื่อง (เส้นเต็ม) ในขณะที่กิจกรรมที่กำลังดำเนินการของแผนงานความก้าวหน้าจะกำหนดใช้เส้นประ

ในรูปที่ 5.6 แสดงผลภาพของการจำลองเหตุการณ์ของแผนงานความก้าวหน้าของโครงการกรณีศึกษา โดยเป็นความก้าวหน้าที่วันที่ปัจจุบันคือ 29/03/2007 และ วันที่สถานะ (status date) หรือวันที่เก็บข้อมูลความก้าวหน้าล่าสุดเป็นวันที่ 30/03/2007 แสดงรวมอยู่ในแท่ง Slider Control ที่ชื่อ 'Project Timeline' ข้อมูลวันที่สถานะนี้เรียกมาจากโปรแกรม MS Project และมีกล่องโต้ตอบชื่อ 'Activities in Progress' ที่แสดงข้อมูลรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับความก้าวหน้าของโครงการ ได้แก่ SV, FV และ %Complete จากตัวอย่างแสดงว่า กิจกรรม 5.3 และ 5.4 กำลังดำเนินการอยู่ ณ ปัจจุบันคือวันที่ 29/03/2007 โดยกิจกรรม 5.3 เริ่มดำเนินการจริงช้ากว่าแผน 1 วันและคาดว่าจะเสร็จช้ากว่าแผน 2 วัน และมีความก้าวหน้าเป็น %Complete ถึงวันที่สถานะที่ร้อยละ 25 ส่วนกิจกรรม 5.4 เริ่มดำเนินการจริงและคาดว่าจะเสร็จตรงตามแผน และ ณ วันที่สถานะมี %Complete เป็นร้อยละ 50 ดังนั้นการแสดงผลภาพนี้จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถประเมินผลการทำงานจริงโดยเปรียบเทียบกับแผนงานฐานได้ และสามารถตรวจหาจุดที่ก่อให้เกิดปัญหา นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถตระหนักถึงกิจกรรมที่ล่าช้าฯและประเมินผลกระทบจากกิจกรรมนั้น ผู้ใช้ยังสามารถรู้จำนวนวันที่กิจกรรมนั้นล่าช้าไปจากแผน



รูปที่ 5.6 ตัวอย่างแผนงานก่อสร้าง 4 มิติที่ปรับปรุงวิธีการแสดงผลการติดตามความก้าวหน้าของโครงการ

5.8 บทวิจารณ์

การประยุกต์ใช้งานระบบต้นแบบของ 4D CAD model ที่พัฒนาขึ้นบนโครงการก่อสร้างตัวอย่างศึกษา แสดงให้เห็นว่าข้อเสนอแนวทางปรับปรุงการแสดงผลภาพที่ผู้วิจัยคิดค้นขึ้น สามารถช่วยให้ผู้ใช้รับรู้ถึงข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นของแผนงานก่อสร้างได้ด้วยการแสดงผลภาพโมเดลนั้น ผู้ใช้สามารถเข้าใจข้อมูลแผนงานในลักษณะที่เห็นภาพและมีประสบการณ์ไม่เพียงแต่ลำดับขั้นตอนในการก่อสร้าง แต่ยังเป็นแผนงานก่อสร้างที่แสดงผลในด้านต่าง ๆ คือ ภาพรวมของแผนงาน ระยะเวลากิจกรรม ความสัมพันธ์ของกิจกรรม และการติดตามความก้าวหน้าของโครงการ โดยที่ข้อมูลแผนงานในด้านเหล่านี้มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าลำดับขั้นตอนการก่อสร้าง ข้อมูลภาพรวมของทั้งโครงการช่วยให้ผู้ใช้ตระหนักถึงขอบเขตปริมาณเนื้องานและการเตรียมงานอื่น ๆที่จำเป็นได้ และทำให้ผู้ใช้ได้เห็นว่าส่วนใดได้ทำไปแล้วและส่วนใดที่ยังเหลือ ข้อมูลระยะเวลาและความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่าง ๆช่วยบ่งชี้ความสำคัญของกิจกรรมแต่ละกิจกรรมได้ ทั้งยังช่วยผู้ใช้ประเมินความเหมาะสมของแผนงานได้ดียิ่งขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นข้อเสนอแนวทางปรับปรุงยังช่วยให้ 4D CAD model สามารถแสดงได้ทั้งแผนงานฐานและแผนงานความก้าวหน้า จึงทำให้สามารถใช้สำหรับการติดตามความก้าวหน้าของโครงการในช่วงการก่อสร้างได้ นี้จึงเป็นการขยายการใช้ประโยชน์ของเทคนิค 4D CAD model ให้ครอบคลุมทั้งช่วงระยะการวางแผนและก่อสร้างได้

วิธีการปรับปรุงการแสดงผลภาพที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ได้ใช้หลักการแบ่งประเภทสถานะการดำเนินงานของกิจกรรมใด ๆอย่างละเอียด ออกเป็น “ยังไม่ได้เริ่ม”, “กำลังดำเนินการที่ตามแผน”, “กำลังดำเนินการที่ล่าช้า”, “กำลังดำเนินการที่ก่อนกำหนด”, “ที่แล้วเสร็จที่เป็นกิจกรรมก่อนหน้า”, “ที่แล้วเสร็จที่ไม่เป็นกิจกรรมก่อนหน้า” สถานะการดำเนินงานเหล่านี้ทำให้สามารถแสดงผลภาพให้เกิดความชัดเจนของภาพรวมของโครงการ ความสัมพันธ์ และความก้าวหน้า นอกจากนี้ยังได้ใช้คุณสมบัติทางการแสดงผลภาพของ 3D CAD objects ได้แก่ สี, น้ำหนักเส้น, และชนิดเส้น เพื่อแสดงแทนข้อมูลสถานะการ

ดำเนินงานเหล่านี้ ผ่านทางการรับรู้ทางรูปภาพ และยังสามารถสร้างการเน้นความสะดุดตาของสถานะต่าง ๆได้ รวมทั้ง interface ที่สร้างขึ้นเพิ่มเติมคือกล่องโต้ตอบ ถูกใช้เพื่อนำเสนอข้อมูลแผนงานอื่น ๆที่จำเป็นประกอบกับภาพกราฟฟิค ได้แก่ ระยะเวลา, ความสัมพันธ์, และการวิเคราะห์การเปรียบเทียบ

อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของแนวทางการปรับปรุงที่เสนอนี้ รวมทั้งคำแนะนำสำหรับงานวิจัยในอนาคต มีดังนี้ การแสดงผลภาพของเทคนิค 4D CAD model นี้ทำให้เกิดกลุ่มภาพวัตถุ 3 มิติ (3D CAD objects) ที่มีสีต่าง ๆกัน ทั้งนี้การจำแนกอัตลักษณ์และขอบเขตของแต่ละกิจกรรมอาจทำได้ยาก กิจกรรมที่อยู่ติดกันจะเห็นเป็นกลุ่มก้อนยากต่อการจำแนก ความสัมพันธ์พิเศษของกิจกรรม ได้แก่ start-to-start, finish-to-finish, และความสัมพันธ์ที่มีเวลาเหลื่อมหรือเวลาหน่วง สามารถถูกแสดงผลได้ด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้ แต่อาจจะไม่สามารถจำแนกได้อย่างชัดเจนเหมือนกับความสัมพันธ์แบบปกติ finish-to-start นอกจากนี้สถานะอื่น ๆของกิจกรรมคือ ความวิกฤตและความไม่วิกฤต หรือฟังก์ชันการกรองข้อมูลสามารถพัฒนาขึ้นเพิ่มเติมเพื่อช่วยให้การแสดงผลภาพได้หลากหลายขึ้น รวมทั้งฟังก์ชันสำหรับการวางแผนงานอื่น ๆสามารถพัฒนาเพิ่มเติมลงใน 4D CAD model เพื่อให้ 4D CAD model มีความเป็นอิสระจากโปรแกรมการวางแผนงานมากที่สุด โปรแกรมจำพวก CAD ในอนาคตจะกลายเป็นโปรแกรมใช้งานที่สมบูรณ์ที่รวมความสามารถหลากหลายคือ การออกแบบ การเขียนแบบ การวางแผน และการแสดงผลภาพ นอกเหนือไปจากนี้ มัลติมีเดียรูปแบบอื่น ๆ เช่น เสียง อักขระ ภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว ยังมีศักยภาพในการนำเสนอข้อมูลแผนงานอื่น ๆอย่างสมบูรณ์ที่สุด และง่ายต่อการเข้าใจมากขึ้น จึงมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลดีกว่าวิธีการนำเสนอแผนงานแบบดั้งเดิมที่เป็นอยู่ การผสมผสานมัลติมีเดียเหล่านี้จะช่วยให้เกิดการนำเสนอที่น่าสนใจผ่านทางเทคนิค 4D CAD model

5.9 4D CAD model ร่วมกับข้อกำหนดความปลอดภัย

โครงการที่นำเสนอนี้จะเป็นการหาหนทางการประยุกต์ใช้เทคนิค 4D CAD model ในด้านใหม่ คือ ด้านความปลอดภัย ซึ่งเป็นประเด็นที่สำคัญมากอันหนึ่ง โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการก่อสร้างมีอัตราอุบัติเหตุสูงกว่าอุตสาหกรรมโรงงาน (manufacturing) ถึงหกเท่า (Ridley และ Channing, 2003) แม้ในต่างประเทศจะมีกฎหมายและข้อกำหนดเพื่อความปลอดภัยมากมาย แต่จากงานวิจัย (Baxendale และ Jones, 2000) พบว่างานด้านความปลอดภัยจะถูกปฏิบัติในเชิงขั้นตอนเอกสาร (paper bureaucracy) โดยวิธีการนำไปปฏิบัติจริง (practical means) ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ทั้งนี้เทคนิค 4D CAD model สำหรับแผนงานก่อสร้างสามารถช่วยให้เกิดมโนทัศน์และความเข้าใจในลำดับขั้นตอนการก่อสร้างและพื้นที่การทำงานได้อย่างแจ่มแจ้ง ทั้งนี้โครงการวิจัยนี้จะเป็นการพัฒนาต่อยอดแนวความคิดของ Kartam (1997) โดยนำเอาเทคนิค 4D CAD model มาช่วยให้นักวางแผนงาน วิเคราะห์กิจกรรมทางด้านความปลอดภัยในโครงการก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.10 บทสรุป

เทคนิค 4D CAD model ของแผนงานก่อสร้างได้ถูกริเริ่มขึ้นและกำลังอยู่ในขั้นการวิจัยและพัฒนา ได้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ที่เหนือกว่าวิธีการแสดงผลด้วยแผนภาพแบบแกนต์ชาร์ตและแบบ

เน็ตเวิร์ค ในหลายประการได้แก่ การบูรณาการข้อมูลจากขั้นตอนการออกแบบ การสร้างความเข้าใจอย่างแจ่มแจ้งด้วย visual perception และการแสดงข้อจำกัดเชิงพื้นที่ (space) ถึงแม้ว่าเทคนิค 4D CAD model นี้อาจจะดูเหมือนเป็นเทคโนโลยีสำหรับอนาคต แต่จากกระแสการพัฒนาที่มุ่งไปสู่การเขียนแบบ 3 มิติ และการบูรณาการข้อมูลงานก่อสร้างตลอดทั้งกระบวนการ (ขั้นตอนการออกแบบ + วางแผน + ก่อสร้าง) จะมีส่วนช่วยส่งเสริมให้การใช้เทคนิค 4D CAD model เป็นเรื่องง่ายและนิยมใช้อย่างแพร่หลายได้ในไม่ช้า

บทนี้ยังได้นำเสนอปัญหาในการแสดงผลภาพ (Visualization problems) ของเทคนิค 4D CAD model รวมทั้งได้เสนอวิธีการปรับปรุงไว้ดังนี้คือ การแสดงภาพรวมของแผนงานทั้งโครงการ การแสดงขอบเขตและสถานะต่าง ๆของกิจกรรม ระยะเวลาและความสัมพันธ์ของกิจกรรม และการแสดงแผนงานความก้าวหน้า ซึ่งวิธีปรับปรุงที่เสนอได้จากการวิเคราะห์จุดเด่นของการแสดงผลด้วยแผนภาพแบบอื่น ๆ การปรับปรุงเหล่านี้เพื่อให้เทคนิค 4D CAD model นี้สามารถแสดงแผนภาพที่ให้ข้อมูลของแผนงานก่อสร้างได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อันจะมีส่วนช่วยพัฒนาให้เทคนิคนี้กลายเป็นวิธีมาตรฐานของการแสดงแผนงานก่อสร้างได้ต่อไป วิธีการปรับปรุงเหล่านี้ได้ถูกทดลองใช้กับโครงการก่อสร้างตัวอย่างที่ไม่ซับซ้อนเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ ขั้นตอนต่อไปของการศึกษานี้คือการนำไปใช้กับโครงการก่อสร้างอื่น ๆ ทั่วไปที่ซับซ้อนกว่าตัวอย่างนี้เพื่อหาความเหมาะสมต่อไป

บทที่ 6 การแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยด้วยแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ

6.1 ความอันตรายที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งและพื้นที่ว่าง

จากการศึกษาทบทวนประเภทของความอันตรายในสถานที่ก่อสร้าง พบว่ามีอยู่จำนวนมากมายและมีลักษณะเฉพาะต่าง ๆกันไป ซึ่งการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับความอันตรายต่าง ๆเหล่านี้ด้วยแผนงานก่อสร้าง 4 มิตินั้น มีข้อจำกัดอยู่ที่ตัวเทคนิค เนื่องจากแผนงานก่อสร้าง 4 มิติเป็นการแสดงลำดับภาพการก่อสร้างชิ้นส่วนต่างของสิ่งก่อสร้างในตำแหน่งที่ตั้งจริง ดังนั้นทำให้สามารถแสดงผลภาพได้กับความอันตรายที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับตำแหน่ง (location) ของชิ้นส่วนต่าง ๆและพื้นที่ว่าง (space) เท่านั้น ซึ่งได้แก่ความอันตรายประเภทการตกจากที่สูง และวัสดุตกหล่นและกระเด็นใส่ ส่วนความอันตรายประเภทที่เหลือนั้นไม่สามารถแสดงผลเป็นภาพกราฟฟิคได้ งานวิจัยนี้จึงกำหนดขอบเขตของการศึกษาไว้ที่ความอันตรายทั้งสองประเภทดังกล่าว

6.2 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ว่าง

ข้อกำหนดมาตรการความปลอดภัยสำหรับความอันตรายจากการตกจากที่สูงและวัสดุตกหล่นนั้นเกี่ยวข้องกับการติดตั้ง โครงสร้างรองรับชั่วคราวเพื่อให้ในการค้ำยันหรือเพื่อสร้างพื้นที่ทำงานชั่วคราว ได้แก่ นั่งร้าน เป็นต้น รวมทั้งราวกันตกและแผ่นปิดช่องเปิด ซึ่งข้อกำหนดเหล่านี้ได้กล่าวรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 เนื่องจากข้อกำหนดความปลอดภัยเหล่านี้จะมีตำแหน่งและขนาดที่ติดตั้งที่แน่นอนสัมพันธ์กับตำแหน่งและขนาดของชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ จึงสามารถกำหนดขอบเขตของพื้นที่ว่างสำหรับข้อกำหนดความปลอดภัยเหล่านี้ได้และแสดงผลเป็นภาพกราฟฟิค 3 มิติร่วมกับแผนงานก่อสร้าง 4 มิติได้ เรียกว่า "ขอบเขตของข้อกำหนดมาตรการความปลอดภัย" (Safety Measure Boundary)

อย่างไรก็ตามในโครงการก่อสร้างนั้นประกอบไปด้วยกิจกรรมก่อสร้างและชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างจำนวนมากมายและหลากหลายประเภท ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการจัดการจึงจัดแบ่งกลุ่มประเภทชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างและเน้นพิจารณาเฉพาะชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลักออกเป็น กลุ่มเสาและคาน กลุ่มพื้น กลุ่มผนัง และกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะมีแนวทางการกำหนดขอบเขตของข้อกำหนดความปลอดภัยที่คล้ายกัน

ขอบเขตของข้อกำหนดมาตรการความปลอดภัยสำหรับเสาและคาน ชิ้นส่วนเสาและคานมีรูปทรงที่แคบและยาว โดยทั่วไปมีตำแหน่งอยู่ระดับสูงกว่าพื้นที่เข้าถึงปกติจึงต้องมีการสร้างนั่งร้านขึ้นโดยรอบชิ้นส่วน ในการก่อสร้างเสาและคานจะมีพื้นที่ทำงานอยู่รอบ ๆตัวเสาหรือคานนั้น ซึ่งพื้นที่ว่างในบริเวณโดยรอบชิ้นส่วนตั้งแต่ระดับพื้นปกติถึงระดับหัวเสาหรือหลังคานจะเป็นพื้นที่อันตรายที่ใช้สำหรับติดตั้งนั่งร้านและราวกันตกในระหว่างการก่อสร้าง ดังนั้นจึงกำหนดพื้นที่ว่างนี้เป็นขอบเขตข้อกำหนดความปลอดภัย

ขอบเขตของข้อกำหนดมาตรการความปลอดภัยสำหรับพื้น ชิ้นส่วนพื้นมีพื้นที่ทำงานมากโดยทั่วไปจะทำงานอยู่บนพื้นนั้นและที่ระดับเดียวกันกับพื้น ซึ่งต้องมีการติดตั้งโครงสร้างรองรับชั่วคราว

หรือนั่งร้านที่บริเวณใต้พื้นที่กำลังก่อสร้างตั้งแต่ระดับพื้นชั้นล่างถัดไปหรือพื้นดินถึงระดับท้องพื้นชั้นนี้ สำหรับการหล่อคอนกรีตในที่ หรือกั้นพื้นที่ว่างไว้ในบริเวณเดียวกันนี้สำหรับการติดตั้งพื้นหล่อสำเร็จรูป พื้นที่ว่างนี้จะเป็นขอบเขตข้อกำหนดความปลอดภัยส่วนแรกสำหรับพื้น และที่ส่วนบนของระดับพื้นที่เป็นพื้นที่ทำงานยังมีความอันตรายจากการตกจากที่สูงได้ตามแนวริมขอบของพื้น (ถ้าพื้นนั้นสูงกว่า 2 m. จากระดับพื้นดิน) จึงต้องติดตั้งราวกั้นตกโดยรอบซึ่งมีขนาดเป็นไปตามข้อกำหนด นอกจากนี้ยังอาจมีช่องเปิดที่พื้นขนาดที่ก่อความอันตรายได้เช่นเดียวกับแนวริมขอบของพื้น จึงต้องติดตั้งราวกันตกล้อมรอบช่องเปิดนั้นเช่นกัน หรือใช้แผ่นปิดชั่วคราวที่มีความแข็งแรงเพียงพอในกรณีที่ช่องเปิดไม่ใหญ่มาก พื้นที่ว่างดังกล่าวจึงเป็นขอบเขตข้อกำหนดความปลอดภัยส่วนที่สองสำหรับพื้น

ขอบเขตของข้อกำหนดมาตรการความปลอดภัยสำหรับผนัง ชิ้นส่วนผนังจะมีพื้นที่ทำงานที่ด้านในของตัวอาคาร และการก่อสร้างผนังจะมีพื้นเป็นโครงสร้างรองรับอยู่ การก่อสร้างผนังโดยรอบพื้นหรือช่องเปิดที่พื้นจะเป็นการลดความอันตรายจากการตกตามแนวริมขอบของพื้นนั้น และขณะก่อสร้างยังต้องรื้อถอนราวกั้นตกดังกล่าวออกเสียก่อนด้วย

สำหรับกลุ่มชิ้นส่วนอื่น ๆจะไม่มีการกำหนดขอบเขตความปลอดภัยให้ และพิจารณาว่าเป็นส่วนชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างย่อย ทั้งนี้เพื่อความเป็นไปได้ในการพัฒนาโปรแกรมและงานวิจัย

6.3 ขั้นตอนวิธีการแสดงข้อกำหนดด้วยแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ

งานวิจัยนี้ได้คิดค้นขั้นตอนวิธี (algorithms) การแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยทั้งในระหว่างการก่อสร้างและภายหลังก่อสร้างเสร็จสิ้นสำหรับชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลักต่าง ๆได้แก่ เสา คาน พื้น ผนัง และชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างย่อยอื่น ๆ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนกลุ่มที่ใช้ในการแสดงแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ โดยที่ขั้นตอนวิธีได้แบ่งออกเป็น 2 แบบ สำหรับชิ้นส่วนที่กำลังก่อสร้าง (Current Objects) และที่ก่อสร้างเสร็จสิ้นแล้ว (Completed Objects) ดังแสดงในรูปที่ 6.1 และ 6.2

การแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยเป็นฟังก์ชันการใช้งานเพิ่มเติมขึ้น จากเทคนิคการแสดงแผนงานก่อสร้าง 4 มิติที่นำเสนอไว้ในบทก่อนหน้านี้ โดยที่กิจกรรมก่อสร้างทั้งหมดที่ขณะเวลาใด ๆ ได้ถูกจัดแบ่งกลุ่มตามสถานะการดำเนินการออกเป็น กิจกรรมที่ยังไม่ได้เริ่ม, ที่กำลังดำเนินการ และที่แล้วเสร็จ ทั้งนี้กิจกรรมที่เป็นเป้าหมายของการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยจะเป็นกิจกรรมที่กำลังดำเนินการ (In-progress Activities) และที่แล้วเสร็จ (Finished Activities) เท่านั้น เนื่องจากกิจกรรมที่ยังไม่ได้เริ่ม (Not-started Activities) ยังไม่ก่อให้เกิดสภาพความอันตราย จึงไม่ถูกนำมารวมไว้ในเป้าหมาย

6.3.1 ขั้นตอนวิธีสำหรับชิ้นส่วนที่กำลังก่อสร้าง

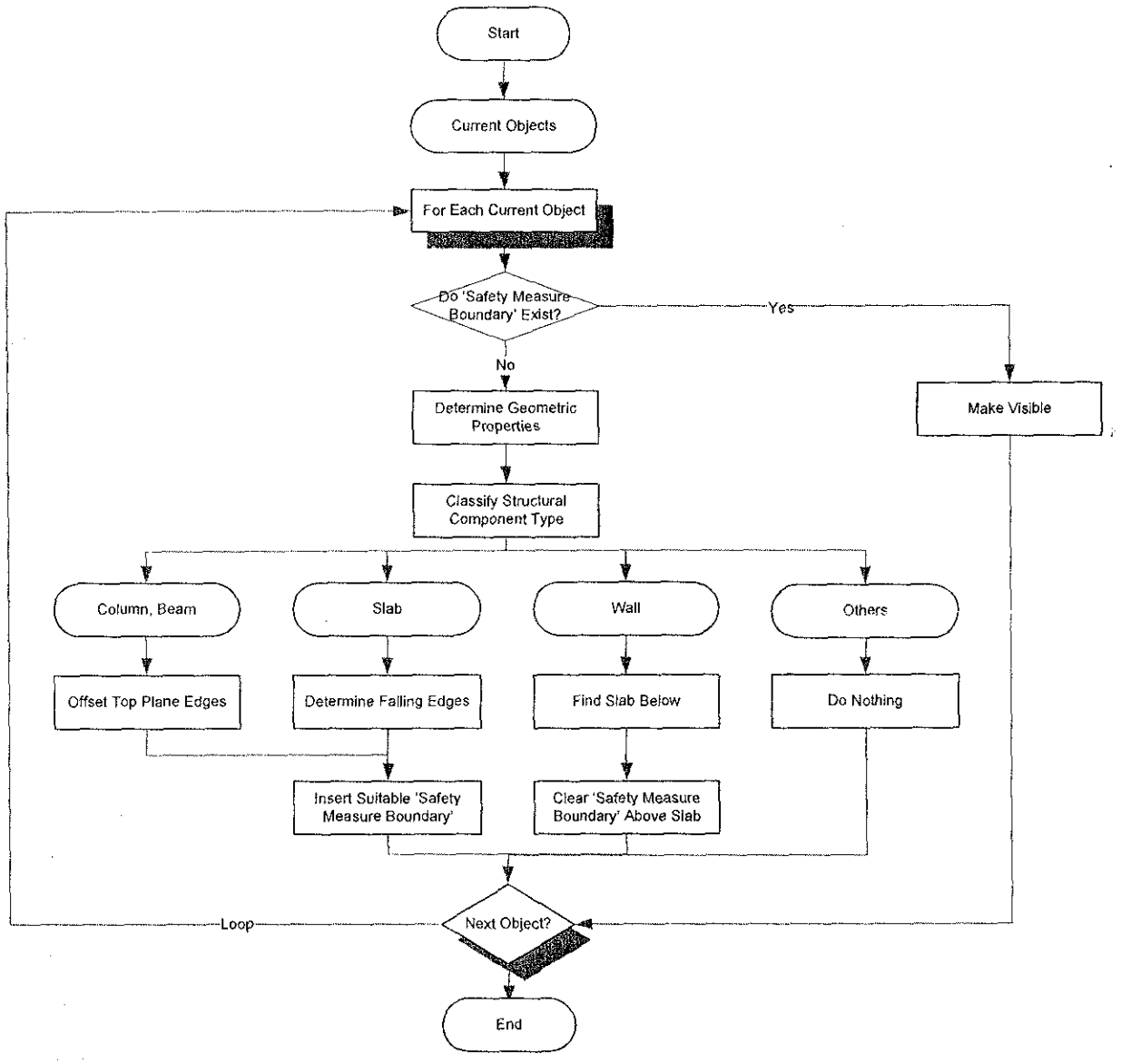
เริ่มต้นจากโปรแกรมกำหนดการวนลูปในกลุ่มของวัตถุที่มีสถานะกำลังก่อสร้าง (current objects) โดยที่จะพิจารณาวัตถุทีละชิ้น ข้อพิจารณาแรกที่โปรแกรมจัดการคือ การพิจารณาว่าวัตถุชิ้นนี้ได้มีการสร้างมาตรการความปลอดภัยไว้หรือไม่ ถ้าไม่มีซึ่งได้แก่กรณีที่เรียกโปรแกรมเป็นครั้งแรก โปรแกรมจะดำเนินขั้นตอนเพื่อสร้างมาตรการปลอดภัยที่เหมาะสมขึ้นสำหรับวัตถุชิ้นนี้ ในกรณีที่มีอยู่แล้วเนื่องจากเป็นการ

เรียกโปรแกรมครั้งที่สองขึ้นไป โปรแกรมจะดำเนินขั้นตอนที่สั้นกว่ามากเพื่อแสดงมาตรการปลอดภัยสำหรับวัตถุชิ้นนี้ที่ถูกซ่อนไว้ ซึ่งรายละเอียดในขั้นตอนการสร้างมาตรการปลอดภัยขึ้นมาใหม่มีดังต่อไปนี้

โปรแกรมดำเนินการหาสมบัติทางเรขาคณิตของวัตถุนั้น เพื่อใช้ในการแบ่งกลุ่มประเภทชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างและในการวิเคราะห์ทางตำแหน่งอ้างอิงต่อไป กลุ่มประเภทของชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างถูกจัดแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มหลักได้แก่ เสาและคาน, พื้น, ผนัง, และอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากข้อกำหนดความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับชิ้นส่วนทั้งสามกลุ่มมีความคล้ายคลึงหรือแตกต่างกัน ดังนี้คือ

1. ชิ้นส่วนกลุ่มที่เป็นเสาและคานจะกำหนดให้มีการติดตั้งนั่งร้านในระหว่างการก่อสร้าง ล้อมรอบคานหรือเสานั้น ซึ่งจะกำหนดตำแหน่งของนั่งร้านนี้ด้วยการอ้างอิงจากขอบเขตของระนาบบน (top plane) ของชิ้นส่วนนั้น
2. กรณีชิ้นส่วนกลุ่มที่เป็นพื้น กำหนดให้มีมาตรการความปลอดภัยไว้ 2 บริเวณคือ การติดตั้งนั่งร้านในระหว่างการก่อสร้างที่บริเวณข้างใต้ชิ้นส่วนพื้นนั้น ในกรณีที่เป็นพื้นหล่อสำเร็จจะไม่มีการติดตั้งนั่งร้าน แต่ในบริเวณข้างใต้เดียวกันนั้นต้องกำหนดให้เป็นเขตอันตราย อีกบริเวณคือขอบเขตโดยรอบด้านบนของพื้นจะเป็นบริเวณที่มีความอันตรายต่อการตกจากที่สูงได้ จะกำหนดให้มีการติดตั้งราวกันตกที่เหมาะสมโดยรอบ ซึ่งการกำหนดตำแหน่งเหล่านี้อ้างอิงจากขอบเขตของระนาบบน (top plane) ของชิ้นส่วนนั้น
3. สำหรับชิ้นส่วนกลุ่มที่เป็นผนัง เป็นชิ้นส่วนที่ในขณะก่อสร้างจะไม่มีการกำหนดมาตรการความปลอดภัยที่แสดงผลได้ด้วยแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ ทั้งยังจะต้องรื้อถอนโครงสร้างชั่วคราวเพื่อความปลอดภัยที่ติดตั้งไว้เดิมออกเสียก่อน ซึ่งจะต้องอ้างอิงจากพื้นชิ้นที่ผนังชิ้นนี้วางอยู่ และเมื่อก่อสร้างเสร็จแล้ว ตัวผนังเองสามารถช่วยป้องกันความอันตรายได้
4. กลุ่มชิ้นส่วนอื่น ๆ จะไม่มีการกำหนดมาตรการความปลอดภัยที่แสดงผลด้วยแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ

เมื่อโปรแกรมดำเนินการตามขั้นตอนวิธีข้างต้นแล้ว จะสิ้นสุดการทำงานกับวัตถุนั้น โปรแกรมจะวนลูปไปพิจารณาวัตถุชิ้นที่อยู่ในลำดับถัดไป แล้วดำเนินการตามขั้นตอนวิธีเดิมซ้ำกับวัตถุชิ้นใหม่นี้ ไปเรื่อย ๆจนกระทั่งดำเนินการกับกลุ่มวัตถุที่มีสถานะกำลังก่อสร้างหมดทุกชิ้น จึงสิ้นสุดโปรแกรม รูปที่ 6.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเพื่อแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับกลุ่มวัตถุสถานะกำลังดำเนินการ



รูปที่ 6.1 ขั้นตอนวิธีการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับกลุ่มวัตถุสถานะกำลังดำเนินการ

6.3.2 ขั้นตอนวิธีสำหรับชิ้นส่วนที่แล้วเสร็จ

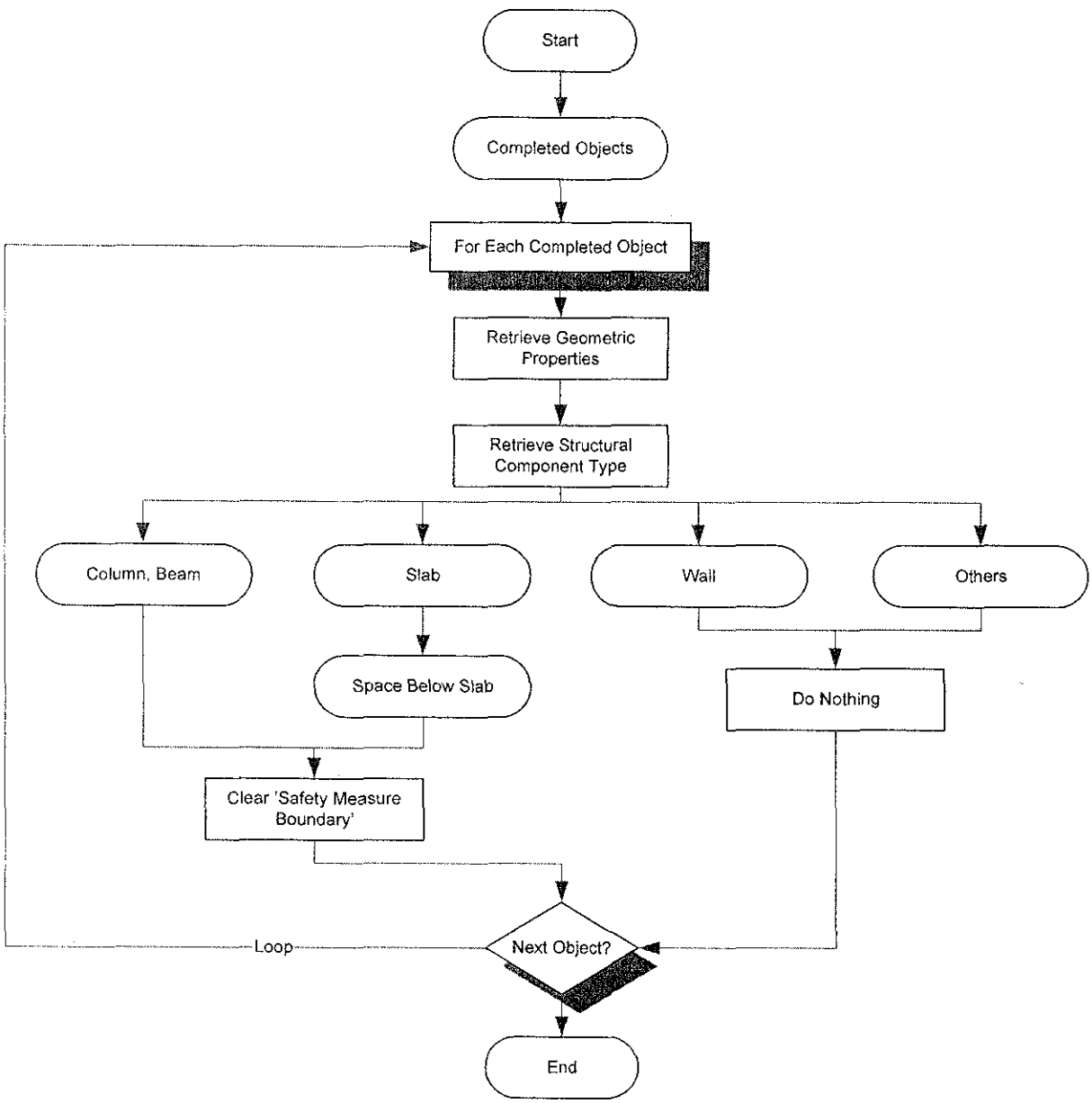
เริ่มต้นจากโปรแกรมกำหนดการวนลูปในกลุ่มของวัตถุที่มีสถานะแล้วเสร็จ (completed objects) โดยที่จะพิจารณาวัตถุทีละชิ้น จากนั้นจึงดำเนินการเรียกหาสมบัติทางเรขาคณิตและเรียกหากลุ่มประเภทชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างของวัตถุนั้น ที่ได้จัดหาไว้แล้วตั้งแต่ตอนที่วัตถุนี้ยังมีสถานะกำลังดำเนินการ ทั้งนี้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางตำแหน่งอ้างอิงต่อไป กลุ่มประเภทของชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างมี 4 กลุ่มหลักเช่นเดิมได้แก่ เสาและคาน, พื้น, ผนัง, และอื่นๆ โดยในแต่ละกลุ่มประเภทมีวิธีการแยกพิจารณามาตรการความปลอดภัยที่ต่างกันดังนี้คือ

1. ชิ้นส่วนกลุ่มที่เป็นเสาและคาน หลังจากก่อสร้างแล้วเสร็จจะกำหนดให้รื้อถอนนั่งร้านที่ล้อมรอบคานหรือเสานั้นไว้
2. สำหรับชิ้นส่วนกลุ่มที่เป็นพื้นนั้น ได้มีการกำหนดมาตรการความปลอดภัยไว้ 2 บริเวณ จะทำการตรวจสอบการก่อสร้างผนังที่อยู่บนพื้นนี้ โดยถ้าพบว่ามีการก่อสร้างผนังโดยรอบพื้นนี้แล้ว จะ

สามารถรื้อถอนราวกันตกออกได้ ส่วนในกรณีที่พบว่ายังไม่มีการก่อสร้างผนังหรือก่อสร้างผนังบางส่วน (ยังไม่รอบหรือมีขอบบริเวณที่ยังคงมีความอันตรายจากการตกจากที่สูงได้) จะยังคงการติดตั้งราวกันตกที่ขอบบริเวณที่มีความอันตรายไว้ ส่วนที่บริเวณข้างใต้ชิ้นส่วนพื้นนั้น กำหนดให้รื้อถอนนั่งร้านหรือยกเลิกเขตอันตรายออกเสีย

3. สำหรับชิ้นส่วนกลุ่มที่เป็นผนังและอื่น ๆ ไม่ได้มีการกำหนดมาตรการความปลอดภัยไว้ จึงไม่มีการกระทำใดเพิ่มเติม

เมื่อโปรแกรมดำเนินการตามขั้นตอนวิธีข้างต้นแล้ว จะสิ้นสุดการทำงานกับวัตถุนั้น โปรแกรมจะวนลูปไปพิจารณาวัตถุชิ้นที่อยู่ในลำดับถัดไป แล้วดำเนินการตามขั้นตอนวิธีเดิมซ้ำกับวัตถุชิ้นใหม่นี้ ไปเรื่อย ๆจนกระทั่งดำเนินการกับกลุ่มวัตถุที่มีสถานะแล้วเสร็จหมดทุกชิ้น จึงสิ้นสุดโปรแกรม รูปที่ 6.2 แสดงขั้นตอนของโปรแกรมที่ใช้จัดการกับวัตถุที่มีสถานะแล้วเสร็จ



รูปที่ 6.2 ขั้นตอนวิธีการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับกลุ่มวัตถุสถานะแล้วเสร็จ

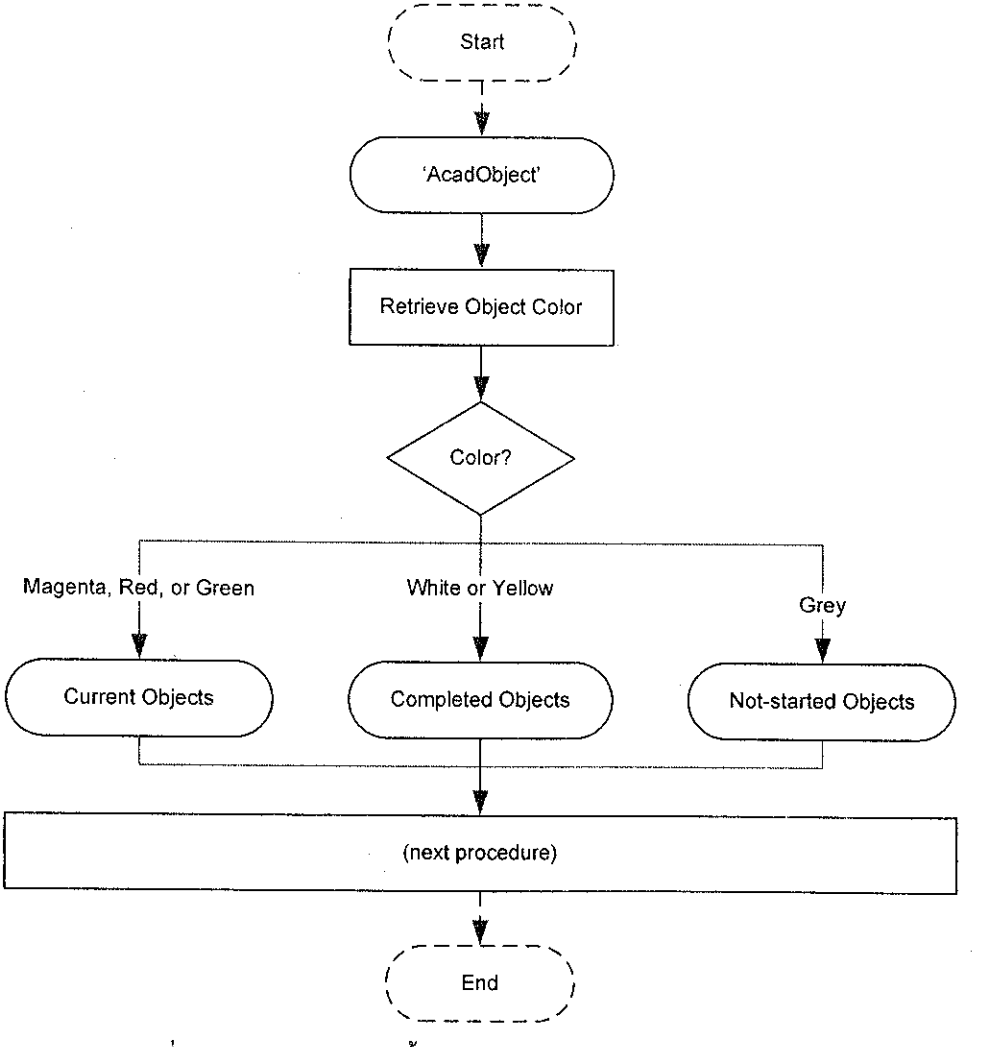
6.3.3 การคัดแยกกลุ่มวัตถุที่มีสถานะการดำเนินงานต่าง ๆ

วัตถุ (CAD object) ทุก ๆชิ้นที่ถูกสร้างขึ้นใน AutoCAD จะถูกอ้างอิงเป็น 'AcadObject' ที่อยู่ใน Collection ของ ModelSpace จากการพัฒนาโปรแกรมแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ จะมีการสร้างโปรแกรมให้วนลูปเพื่อพิจารณาวัตถุทั้งหมดทีละชิ้นตามลำดับของกิจกรรมก่อสร้างในแผนงาน และได้มีการกำหนดแบ่งสถานะการดำเนินงานของกิจกรรมออกเป็น กิจกรรมที่ยังไม่ได้เริ่ม กิจกรรมที่กำลังดำเนินการ และกิจกรรมแล้วเสร็จ และได้กำหนดสีแสดงสถานะเหล่านี้โดยเฉพาะ ดังนั้นจึงทำให้สามารถคัดแยกวัตถุทั้งหมดออกเป็น 3 กลุ่มหลักดังกล่าว ด้วยการอ้างอิงจากสีของวัตถุ สรุปได้ดังนี้ รายละเอียดขั้นตอนโปรแกรมเพื่อคัดแยกกลุ่มวัตถุแสดงดังรูปที่ 6.3

วัตถุสีม่วง หรือสีแดง หรือสีเขียว คือวัตถุที่กำลังดำเนินการ (current objects)

วัตถุสีขาว หรือสีเหลือง คือ วัตถุที่แล้วเสร็จ (completed objects)

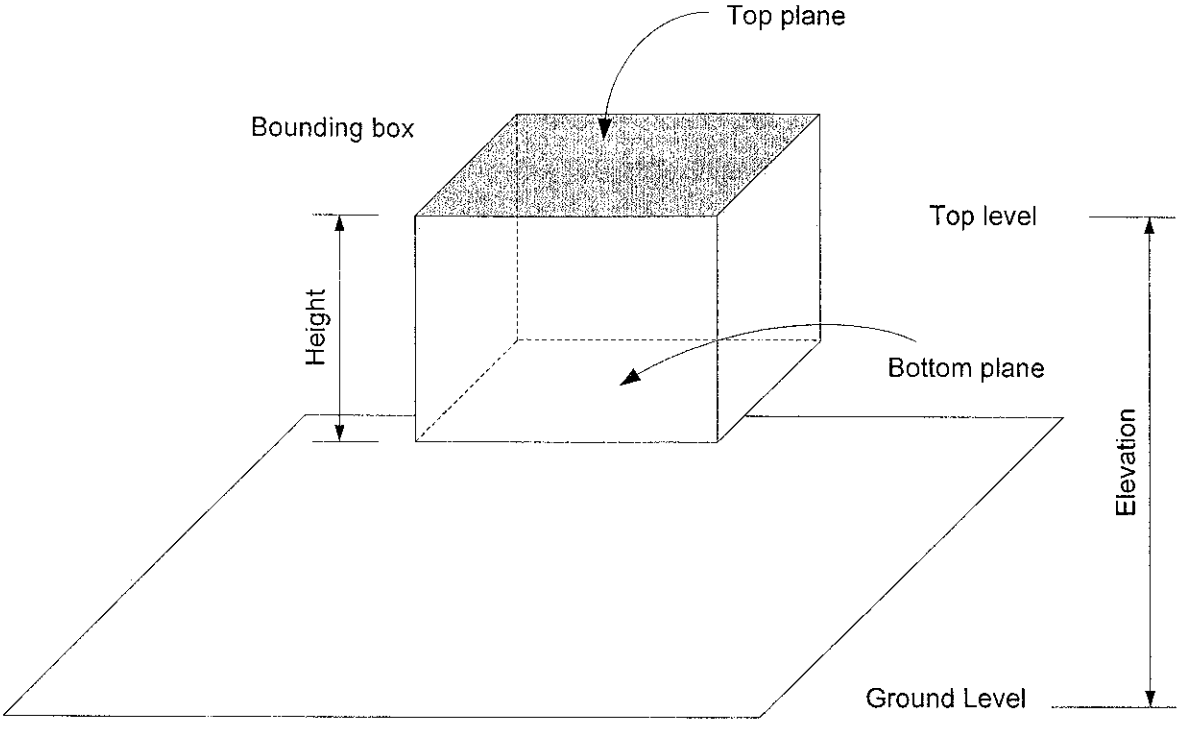
วัตถุสีเทา คือวัตถุที่ยังไม่ได้เริ่ม (not-started objects) (หมายเหตุ: วัตถุที่ยังไม่ได้เริ่ม ไม่ถูกนำมาพิจารณาข้อกำหนดด้านความปลอดภัย)



รูปที่ 6.3 การคัดแยกวัตถุทั้งหมดออกตามกลุ่มสถานะการดำเนินการ

6.3.4 การวิเคราะห์หาข้อมูลเรขาคณิตของวัตถุ

วัตถุที่เป็นชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างสิ่งก่อสร้างมักมีรูปทรงเรขาคณิตแบบพื้นฐาน คือทรงปริซึมมุมฉาก (right prism) โดยที่ AutoCAD ได้จัดเตรียมข้อมูลทางเรขาคณิตเพียงบางส่วนของวัตถุ 3 มิติ ข้อมูลเรขาคณิตส่วนที่ AutoCAD ไม่ได้จัดเตรียมให้จะไม่สามารถได้มาโดยตรง แต่ต้องใช้ขั้นตอนของโปรแกรมและการคำนวณทางเรขาคณิตที่ซับซ้อนเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งข้อมูลเรขาคณิตของวัตถุ 3 มิติที่ต้องการใช้ในโปรแกรม ได้แก่ Bounding Box, Elevation (Top level), Height, Top plane และ Bottom plane โดยที่ค่าต่าง ๆเหล่านี้แสดงไว้ดังรูปที่ 6.4 เป็นรูปตัวอย่างของวัตถุ 3 มิติใด ๆ



รูปที่ 6.4 ข้อมูลเรขาคณิตของวัตถุที่จำเป็นต้องใช้

โปรแกรมในการวิเคราะห์หาข้อมูลเรขาคณิตที่ต้องการของวัตถุ 3 มิติ มีขั้นตอนที่ซับซ้อนจำนวนมาก เริ่มจากการพิจารณาวัตถุชิ้นหนึ่ง ทำการย้ายวัตถุนี้ไปอยู่ใน Temp Layer ที่ว่างเปล่า (ไม่มีวัตถุอื่นใดอยู่ใน Layer นี้) จากนั้นจึงเรียกคำสั่ง 'GetBoundingBox' เพื่อให้ได้ข้อมูล coordinates ของจุด 'MinPoint' และ 'MaxPoint' ของวัตถุนี้ (หมายเหตุ: Bounding Box คือขอบเขตบริเวณรูปทรงกล่องสี่เหลี่ยมที่กำหนดด้วยจุดสองจุด โดยที่กล่องนี้จะสามารถบรรจุวัตถุชิ้นนั้นได้พอดี) ซึ่งสามารถใช้คำนวณหา Top Level, Bottom Level, และ Height ได้ดังนี้

1. Top Level คือค่าของแกน Z ของจุด 'MaxPoint' (ค่า Z ที่มีค่ามากที่สุด) โดยถ้าอ้างอิงให้ Ground level อยู่ที่ Z = 0.00 เสมอ ค่า Top Level นี้จะเท่ากับค่า Elevation เนื่องจาก Elevation = Top Level – Ground Level ในลักษณะเดียวกันค่า Bottom Level คือค่าของแกน Z ของจุด 'MinPoint' (ค่า Z ที่มีค่าน้อยที่สุด)

2. Height คือผลต่างของค่าของแกน Z ของจุด 'MaxPoint' และ 'MinPoint' เป็นความสูงของวัตถุนี้

จากนั้นจึงเรียกคำสั่ง 'Extract Edges' กับวัตถุ 3 มิตินี้เพื่อสร้างเส้นขอบของวัตถุ ซึ่งเส้นขอบที่ได้เหล่านี้จะถูกบรรจุอยู่ใน Temp Layer อันเดียวกัน จากนั้นจึงย้ายวัตถุ 3 มิติที่นำมาเป็นต้นแบบกลับไปสู่ Layer เดิมที่เคยอยู่ พิจารณาเส้นขอบเหล่านี้ทีละเส้น โดยการเรียกข้อมูล 'StartPoint' และ 'EndPoint' ของเส้น มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่า Top Level ได้ดังกรณีต่อไปนี้

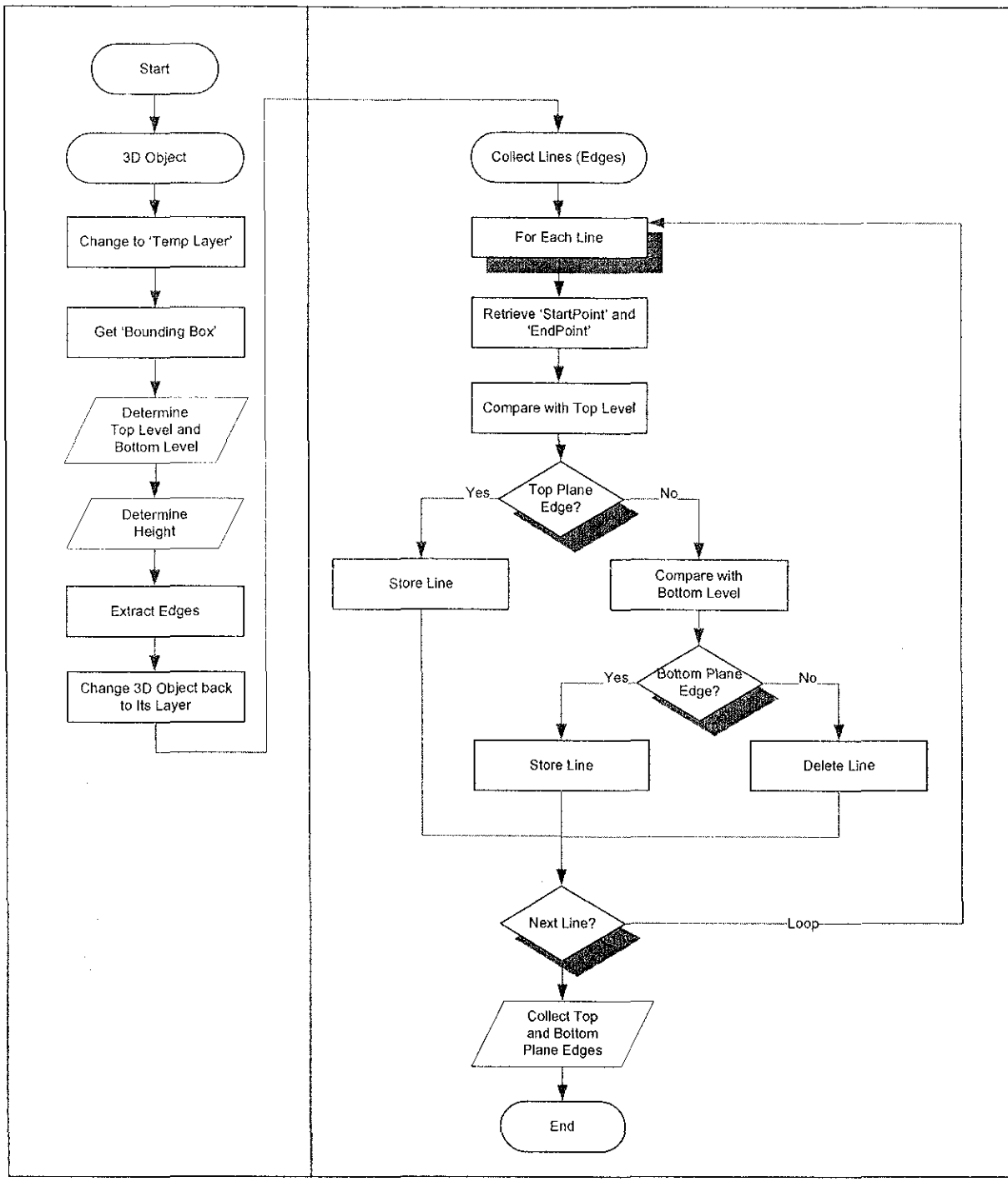
1. ถ้าทั้ง 'StartPoint' และ 'EndPoint' ของเส้นมีค่าของแกน Z เท่ากับค่า Top Level จะสรุปได้ว่าเส้นที่กำลังพิจารณาเป็นเส้นขอบของ Top Plane

2. ในทางกลับกันถ้า 'StartPoint' หรือ 'EndPoint' ของเส้นมีค่าของแกน Z เท่ากับค่า Top Level เพียงจุดใดจุดหนึ่งเท่านั้นจะสรุปได้ว่าเส้นที่กำลังพิจารณาไม่ใช่เส้นขอบของ Top Plane หรือ

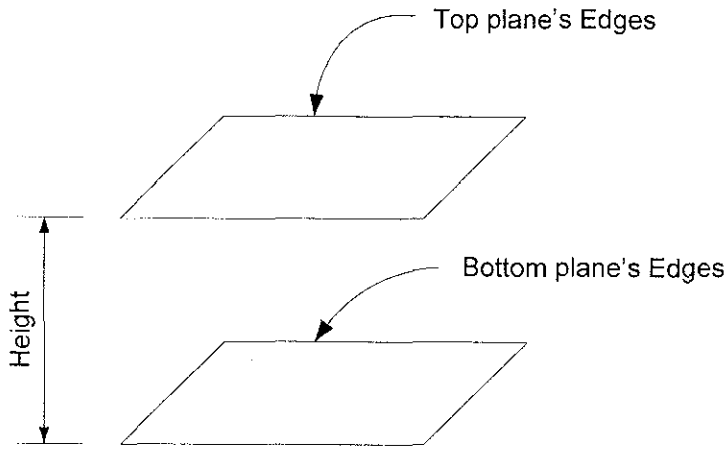
3. ในกรณีที่ทั้ง 'StartPoint' และ 'EndPoint' ของเส้นมีค่าของแกน Z ไม่เท่ากับและน้อยกว่าค่า Top level จะสรุปได้ว่าเส้นที่กำลังพิจารณาไม่ใช่เส้นขอบของ Top Plane

ขั้นตอนต่อจากการวิเคราะห์นี้คือ ถ้าเส้นดังกล่าวเป็นเส้นขอบของ Top Plane จะเก็บไว้ แต่ถ้าไม่ใช่จะดำเนินขั้นตอนวิเคราะห์หาเส้นขอบของ Bottom Plane ต่อไปในทำนองเดียวกัน โดยพิจารณาค่าเปรียบเทียบกับ Bottom Level และเลือกเก็บเฉพาะเส้นขอบของ Bottom Plane ส่วนเส้นที่ไม่ใช่เส้นขอบของ Top Plane หรือ Bottom Plane จะลบเส้นเหล่านี้เสีย และทำขั้นตอนการวิเคราะห์นี้ซ้ำกับเส้นขอบอื่น ๆจนหมดทุกเส้น

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ คือเส้นต่าง ๆที่เป็นเส้นขอบทั้งหมดของ Top Plane และ Bottom Plane ที่บรรจุอยู่ใน Temp Layer จึงสิ้นสุดโปรแกรม ข้อมูลเรขาคณิตของวัตถุ 3 มิติที่ได้คือ Top Level, Height, เส้นขอบทั้งหมดของ Top Plane และ Bottom Plane ซึ่งจะนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป รูปที่ 6.5 แสดงรายละเอียดขั้นตอนของโปรแกรมวิเคราะห์นี้ และรูปที่ 6.6 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์หาข้อมูลเรขาคณิตของวัตถุ 3 มิติ



รูปที่ 6.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาข้อมูลเรขาคณิตของวัตถุ 3 มิติ



รูปที่ 6.6 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ข้อมูลเรขาคณิตของวัตถุ 3 มิติ

6.3.5 การจำแนกประเภทของชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลัก

AutoCAD มีการแบ่งวัตถุ 3 มิติไว้หลายหลากประเภท โดยเฉพาะในเวอร์ชั่น AutoCAD Architecture อย่างไรก็ตาม วัตถุทุกประเภททุกกลุ่มจะต้องมี Property ที่ชื่อว่า 'ObjectName' ซึ่งเป็นคุณสมบัติทั่วไปของวัตถุใด ๆ 'ObjectName' จะให้ค่าเป็นชื่อกลุ่มประเภทของวัตถุนั้น (Object Class Name) ซึ่งในเวอร์ชั่น AutoCAD Architecture จะมีกลุ่มประเภทวัตถุต่าง ๆเช่น พื้น ผนัง ประตู หน้าต่าง และชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้าง เป็นต้น อย่างไรก็ตามโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะคัดแยกวัตถุออกเป็นเพียง 4 กลุ่มหลักคือ กลุ่มเสาและคาน กลุ่มพื้น กลุ่มผนัง และกลุ่มอื่น ๆ ดังนั้นจึงใช้ค่าของ 'ObjectName' เป็นคีย์ในการแบ่งกลุ่มได้ ดังนี้

1. 'ObjectName' = "AecDbSlab" จะจำแนกวัตถุเป็น พื้น

2. 'ObjectName' = "AecDbWall" จะจำแนกวัตถุเป็น ผนัง

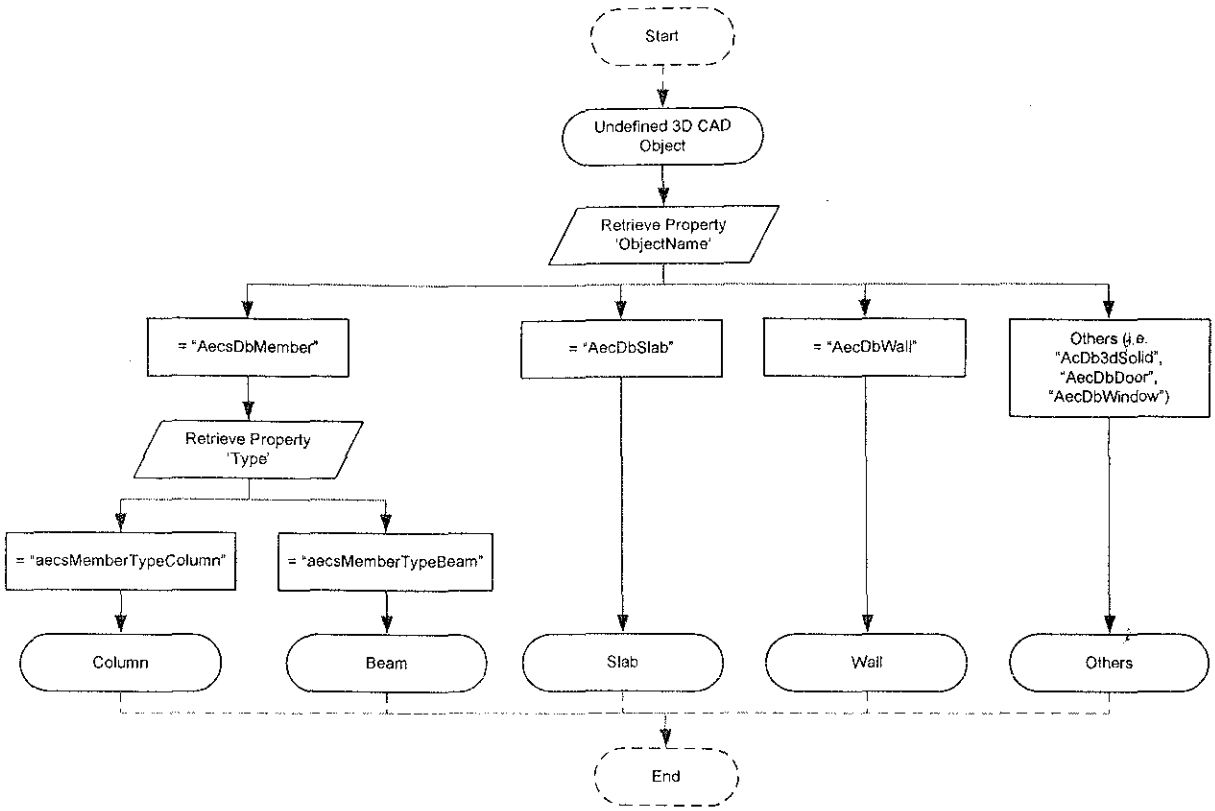
3. 'ObjectName' = "AecsDbMember" จะทำการจำแนกต่อไปด้วย Property 'Type' จะได้ว่า

    3.1 'Type' = "aecsMemberTypeColumn" จะจำแนกวัตถุเป็น เสา

    3.2 'Type' = "aecsMemberTypeBeam" จะจำแนกวัตถุเป็น คาน

4. 'ObjectName' = ค่าอื่น ๆนอกเหนือจากนี้ จะจำแนกวัตถุเป็น อื่น ๆ

ขั้นตอนของโปรแกรมการจำแนกประเภทของชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลักมีดังนี้ เริ่มต้นจากโปรแกรมพิจารณาวัตถุทีละชิ้น ทำการเรียกหา Property 'ObjectName' ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้กับทางเลือกที่กำหนดไว้ ซึ่งหากว่าได้ค่าเป็น "AecsDbMember" จะต้องทำการเรียกหา Property 'Type' เพิ่มอีกขั้นตอน เพื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้ต่อไป ซึ่งผลลัพธ์ของโปรแกรมนี้จะทำให้สามารถจำแนกประเภทของวัตถุใด ๆออกเป็น 4 กลุ่มหลักได้ตามที่ต้องการ เพื่อนำไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป รายละเอียดขั้นตอนของโปรแกรมแสดงอยู่ในรูปที่ 6.7



รูปที่ 6.7 ขั้นตอนการจำแนกประเภทชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลัก

6.3.6 การกำหนดตำแหน่งมาตรการความปลอดภัยสำหรับเสาและคาน

เสาและคานเป็นชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลักที่มีขนาดพื้นที่ Top Plane น้อยเมื่อเทียบกับพื้นและขนาดร่างกายคนงานก่อสร้าง โดยทั่วไปอาจสรุปได้ว่ามีขนาดน้อยเกินกว่าที่คนงานจะเดินอยู่บน Top Plane ได้ อีกประการคือเสาและคานเป็นชิ้นส่วนที่มีความสูงจากระดับพื้นที่ทำงาน (ระดับพื้นชั้นที่รองรับเสาหรือมีคานชั้นนั้น) จึงมีความอันตรายจากการตกจากที่สูงได้ การก่อสร้างเสาและคานยังต้องให้โครงสร้างรองรับชั่วคราวเป็นนั่งร้านติดตั้งโดยรอบ และจะมีพื้นทำงานที่บริเวณด้านข้างรอบ ๆเสาหรือคานนั้น

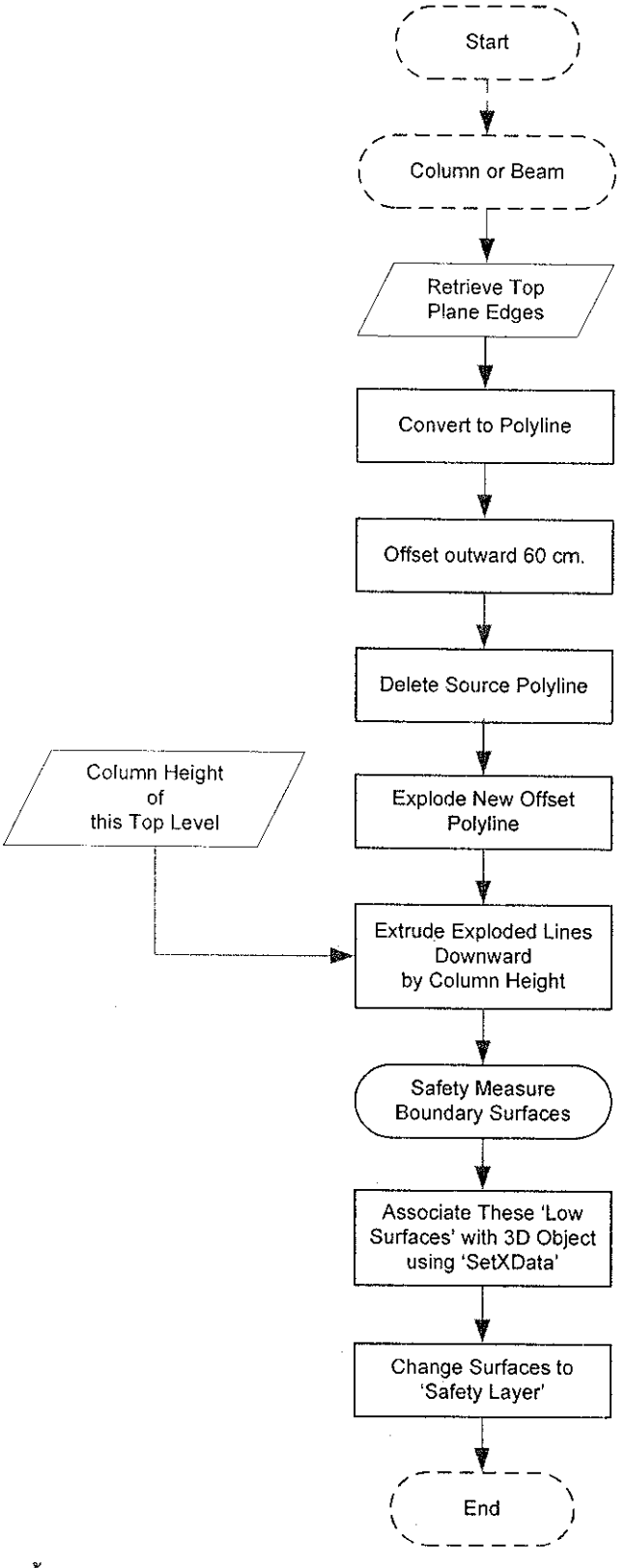
การกำหนดบริเวณมาตรการความปลอดภัยสำหรับเสาและคานจึงมีความคล้ายคลึงกัน โดยเป็นพื้นที่ระยะ offset ออกมาจากพื้นที่ Top Plane ของเสาหรือคานนั้น และมีความสูงตลอดความสูงของเสา (สมมติฐานว่า คานทั่วไปมี Top Level อยู่ที่ระดับเดียวกันกับ Top Plane ของเสาในชั้นเดียวกัน)

โปรแกรมในการกำหนดตำแหน่งมาตรการความปลอดภัยสำหรับเสาและคานมีขั้นตอนดังนี้ เริ่มจากการเรียกข้อมูล Top Plane Edges ของเสาหรือคาน ที่ได้เตรียมไว้ในโปรแกรมก่อนหน้า ทำการเปลี่ยนเส้นเหล่านี้ให้เป็น Polyline ซึ่งควรจะได้ผลลัพธ์เป็นเส้น Polyline ที่บรรจบ (Closed Polyline) แล้วจึงเรียกคำสั่ง Offset กับเส้น Polyline นี้เป็นระยะ 60 cm. ในทิศทางบวก ซึ่งจะทำให้ได้เส้น Polyline ใหม่ที่ใหญ่กว่าเดิม และลบเส้น Polyline ต้นแบบออกเสีย เส้น Polyline ใหม่จะเป็นขอบเขตของมาตรการความปลอดภัยที่ถูกกำหนดขึ้นโดยรอบขนาดของเสาหรือคานนั้น

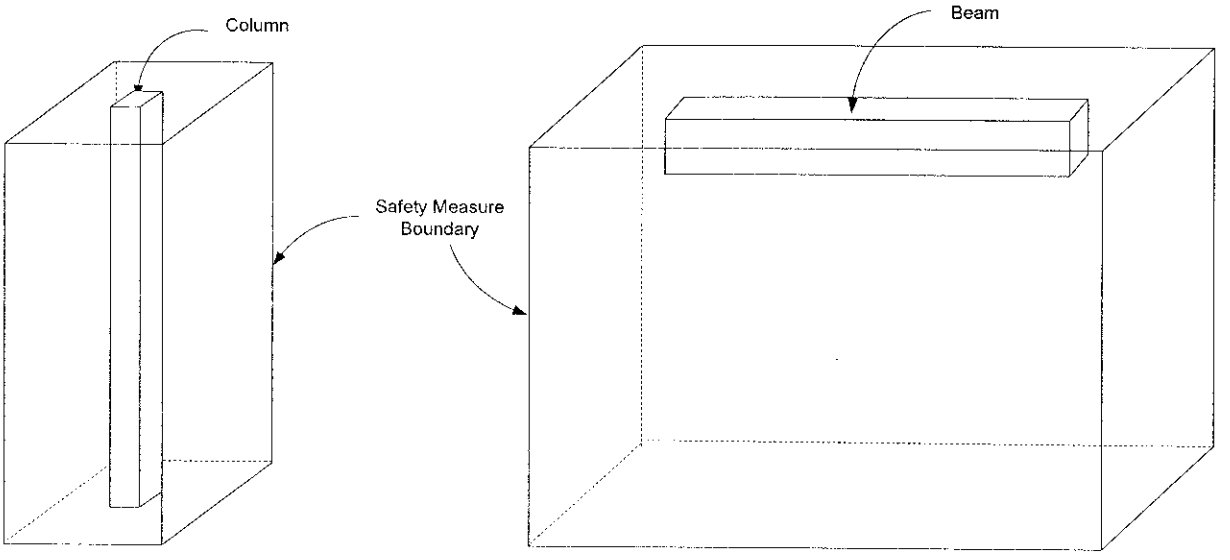
ขั้นตอนต่อไปคือทำการ Explode เส้น Polyline ใหม่นี้ ซึ่งจะให้ผลลัพธ์เป็นวัตถุแบบเส้นธรรมดาหลายเส้นที่ต่อเนื่องกัน แล้วจึงเรียกคำสั่ง Extrude เส้นเหล่านี้เป็นระยะเท่ากับความสูงของเสาในทิศทาง

ลงล่าง ทีละเส้นจนครบทุกเส้น จะได้ผลลัพธ์เป็นวัตถุแบบ Surfaces โดยที่เส้นหนึ่งเส้นจะ Extrude ได้เป็นหนึ่ง Surface ซึ่ง Surfaces เหล่านี้จะแสดงขอบเขตบริเวณมาตรการความปลอดภัยสำหรับเสาหรือคานชิ้นนี้เรียกว่า Safety Measure Boundary ในขั้นตอนสุดท้ายคือการสร้างการอ้างอิง Surfaces เหล่านี้กับวัตถุที่เป็นเสาหรือคานนี้ด้วยคำสั่ง SetXData เพื่อทำการบันทึกชื่อ (Handle) ของวัตถุที่เป็นเสาหรือคานไว้ที่ XData ของวัตถุที่เป็น Surfaces รวมทั้งทำการเปลี่ยน Layer ของ Surfaces เหล่านี้ไปที่ Layer เฉพาะที่ชื่อ 'Safety Layer' ขอบเขตมาตรการความปลอดภัยที่ได้เป็นบริเวณที่เรียกว่า 'Low Surfaces' ซึ่งหมายถึงบริเวณกำหนดที่มีระดับต่ำกว่าหรือเท่ากับระดับ Top Level ของเสาหรือคาน

รูปที่ 6.8 แสดงขั้นตอนการสร้าง Surfaces ที่ใช้กำหนดขอบเขตมาตรการความปลอดภัยสำหรับเสาและคาน และรูปที่ 6.9 แสดงวัตถุ 3 มิติตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอน



รูปที่ 6.8 ขั้นตอนการสร้างขอบเขตมาตรการความปลอดภัยสำหรับเสาและคาน



รูปที่ 6.9 ผลลัพธ์การกำหนดขอบเขตมาตรการความปลอดภัยสำหรับเสาและคาน

6.3.7 การอ้างอิงตำแหน่งมาตรการความปลอดภัยสำหรับพื้น

พื้นมีลักษณะสำคัญที่แตกต่างจากเสาและคานบางประการ พื้นเป็นชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลักที่มีขนาดพื้นที่ Top Plane มากเมื่อเทียบกับขนาดร่างกายคนงานก่อสร้าง กิจกรรมการก่อสร้างพื้นจะมีพื้นที่ทำงานอยู่บนพื้นชิ้นนั้นเอง คนงานจะเดินและทำงานอยู่บน Top Plane ของพื้นนั้น ซึ่งถ้าพื้นนี้มีระดับความสูงจากระดับพื้นดิน (ground level) ตั้งแต่ 3 เมตรขึ้นไป จะมีความอันตรายของการตกจากที่สูง

ในระหว่างการก่อสร้างพื้นหล่อในที่จะต้องมีโครงสร้างรองรับชั่วคราวเป็นนั่งร้านอยู่ใต้พื้นนั้นเต็มบริเวณและต้องติดตั้งอยู่จนกว่าพื้นนี้จะก่อสร้างแล้วเสร็จ (มีความแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักบรรทุกได้) จึงจะสามารถรื้อถอนออกไปได้ หรือในกรณีที่เป็นพื้นสำเร็จรูป แม้ว่าจะไม่จำเป็นต้องมีโครงสร้างรองรับชั่วคราวอยู่ใต้พื้น แต่บริเวณเดียวกันนี้ก็จัดเป็นเขตอันตรายต่อการมีวัสดุตกหล่นกระเด็นใส่ ดังนั้นเทคนิคการก่อสร้างพื้นทั้งสองรูปแบบที่เป็นที่นิยมนี้ก็ต้องมีการกำหนดขอบเขตมาตรการความปลอดภัยบริเวณเดียวกัน

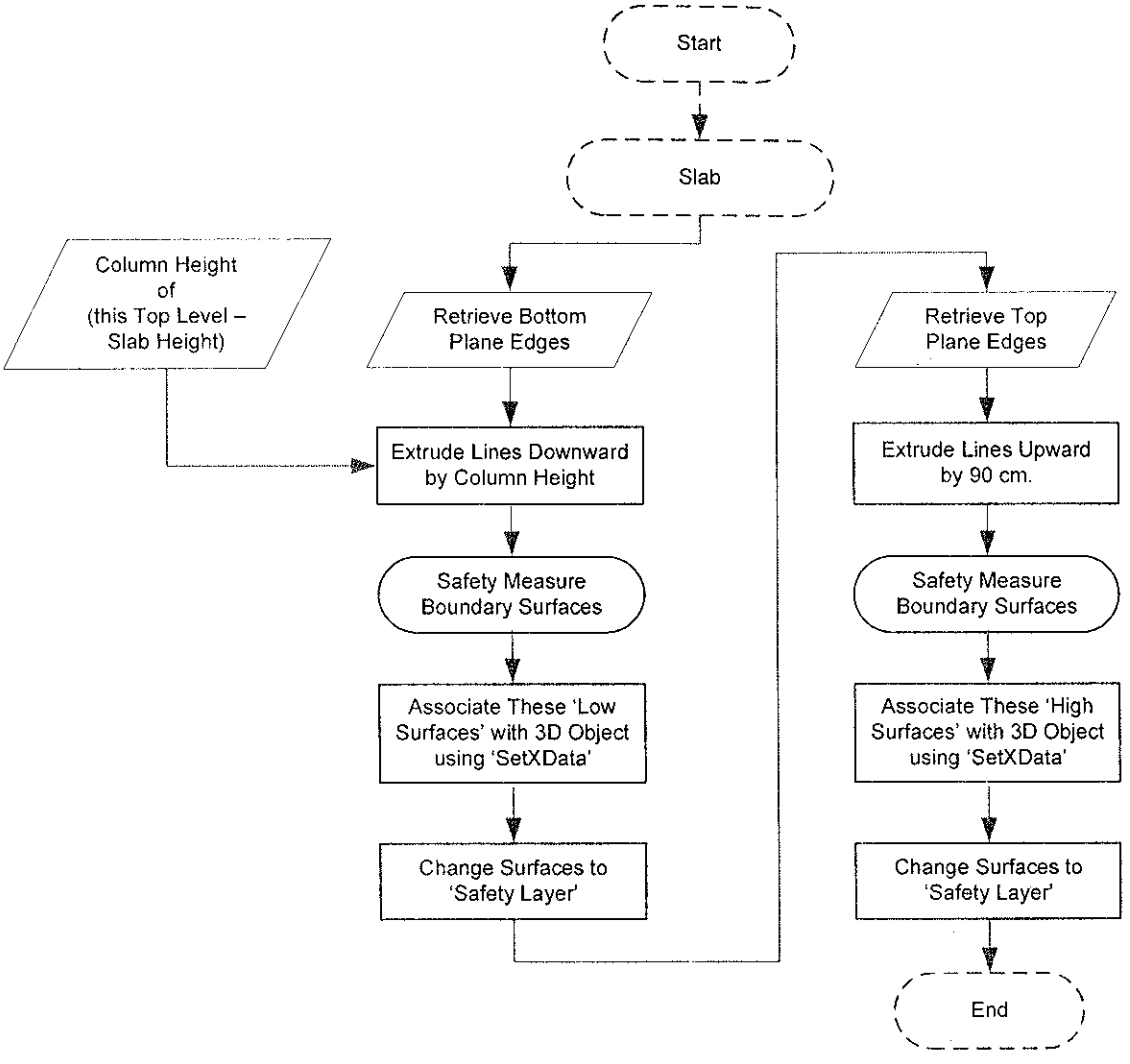
บริเวณที่ต้องกำหนดมาตรการความปลอดภัยสำหรับอีกบริเวณคือ โดยรอบริมขอบเขตของพื้นนี้ เนื่องจากคนงานที่ต้องทำงานอยู่บนพื้นนี้อาจได้รับอันตรายจากการตกที่สูงได้ จึงต้องติดตั้งราวกันตกที่มีความสูง 90 cm. โดยรอบขอบเขตที่เป็นริมขอบของพื้นนี้ หรือโดยรอบช่องเปิดขนาดใหญ่ (กว้าง x ยาว ตั้งแต่ 40 cm. ขึ้นไป) บนพื้นนี้

โปรแกรมในการกำหนดตำแหน่งมาตรการความปลอดภัยสำหรับพื้นมีขั้นตอนส่วนหนึ่งเหมือนกับโปรแกรมสำหรับเสาและคาน และอีกส่วนที่เพิ่มเติมสำหรับพื้น เนื่องจากมาตรการความปลอดภัยสำหรับพื้นแบ่งเป็นสองบริเวณดังกล่าวข้างต้น รายละเอียดขั้นตอนของโปรแกรมมีดังต่อไปดังนี้ เริ่มจากการเรียกข้อมูล Bottom Plane Edges ของพื้น ที่เตรียมไว้แล้วในโปรแกรมก่อนหน้า ทำคำสั่ง Extrude เส้นเหล่านี้เป็นระยะเท่ากับความสูงของเสาในทิศทางลงล่าง ทีละเส้นจนครบทุกเส้นจะได้ผลลัพธ์เป็นวัตถุแบบ Surfaces โดยที่เส้นหนึ่งเส้นจะ Extrude ได้เป็นหนึ่ง Surface ซึ่ง Surfaces เหล่านี้จะแสดงขอบเขตบริเวณมาตรการความปลอดภัยสำหรับพื้นชิ้นนี้เรียกว่า Safety Measure Boundary ในขั้นตอนสุดท้าย

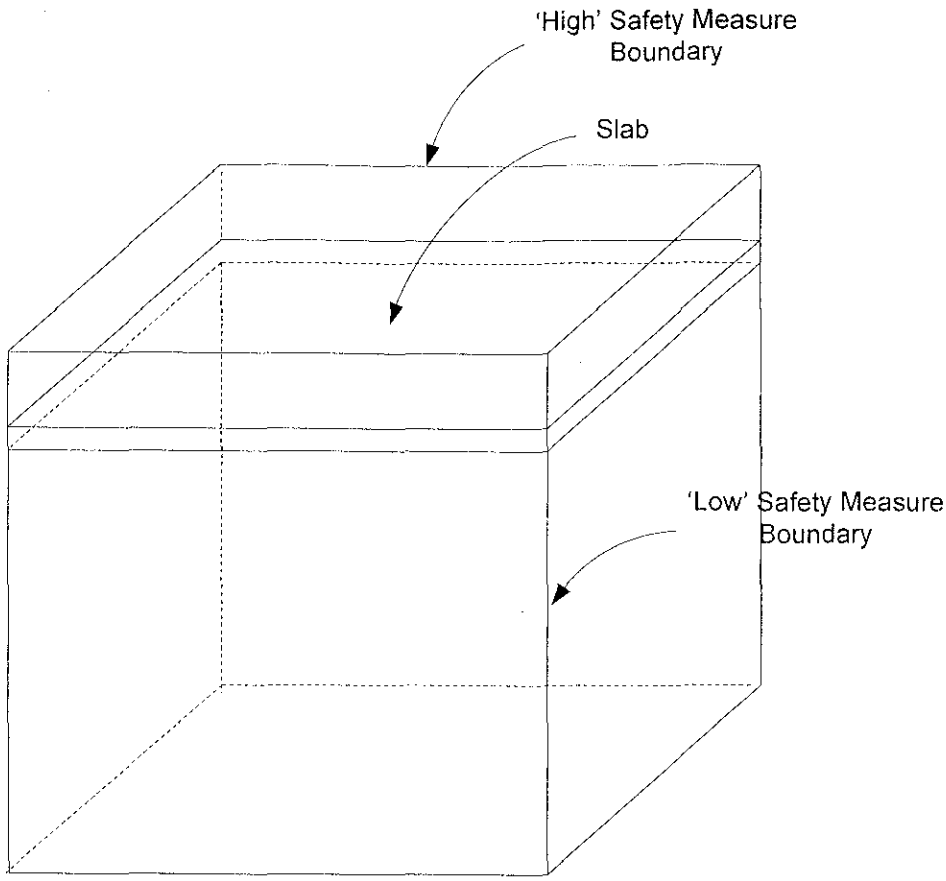
คือการสร้างการอ้างอิง Surfaces เหล่านี้กับวัตถุที่เป็นพื้นนี้ด้วยคำสั่ง SetXData เพื่อทำการบันทึกชื่อ (Handle) ของวัตถุที่เป็นพื้นไว้ที่ XData ของวัตถุที่เป็น Surfaces รวมทั้งทำการเปลี่ยน Layer ของ Surfaces เหล่านี้ไปที่ Layer เฉพาะที่ชื่อ 'Safety Layer' ขอบเขตมาตรการความปลอดภัยที่ได้เป็นบริเวณที่เรียกว่า 'Low Surfaces' ซึ่งหมายถึงบริเวณกำหนดที่มีระดับต่ำกว่าหรือเท่ากับระดับ Top Level ของพื้น

นอกจากนี้ยังมีมาตรการความปลอดภัยสำหรับพื้นอีกบริเวณคือ บริเวณกำหนดที่มีระดับสูงกว่าหรือเท่ากับระดับ Top Level ของพื้นที่เรียกว่า 'High Surfaces' ซึ่งขั้นตอนการสร้างเริ่มจากการเรียกข้อมูล Top Plane Edges ของพื้น ที่เตรียมไว้แล้วในโปรแกรมก่อนหน้า ทำคำสั่ง Extrude เส้นเหล่านี้เป็นระยะเท่ากับ 90 cm. ในทิศทางขึ้นบน ทีละเส้นจนครบทุกเส้นจะได้ผลลัพธ์เป็นวัตถุแบบ Surfaces โดยที่เส้นหนึ่งเส้นจะ Extrude ได้เป็นหนึ่ง Surface ซึ่ง Surfaces เหล่านี้จะแสดงขอบเขตบริเวณมาตรการความปลอดภัยสำหรับพื้นชั้นนี้เรียกว่า Safety Measure Boundary ในขั้นตอนสุดท้ายคือการสร้างการอ้างอิง Surfaces เหล่านี้กับวัตถุที่เป็นพื้นนี้ด้วยคำสั่ง SetXData เพื่อทำการบันทึกชื่อ (Handle) ของวัตถุที่เป็นพื้นไว้ที่ XData ของวัตถุที่เป็น Surfaces รวมทั้งทำการเปลี่ยน Layer ของ Surfaces เหล่านี้ไปที่ Layer เฉพาะที่ชื่อ 'Safety Layer' จึงได้เป็นขอบเขตมาตรการความปลอดภัยที่ได้เป็นบริเวณที่เรียกว่า 'High Surfaces'

รูปที่ 6.10 แสดงขั้นตอนการสร้าง Surfaces ที่ใช้กำหนดขอบเขตมาตรการความปลอดภัยสำหรับพื้นทั้งสองบริเวณและรูปที่ 6.11 แสดงวัตถุ 3 มิติตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอน



รูปที่ 6.10 ขั้นตอนการสร้างขอบเขตมาตรการความปลอดภัยสำหรับพื้น



รูปที่ 6.11 ผลลัพธ์การกำหนดขอบเขตมาตรการความปลอดภัยสำหรับพื้น

6.3.8 การตรวจสอบการก่อสร้างผนังบนพื้น

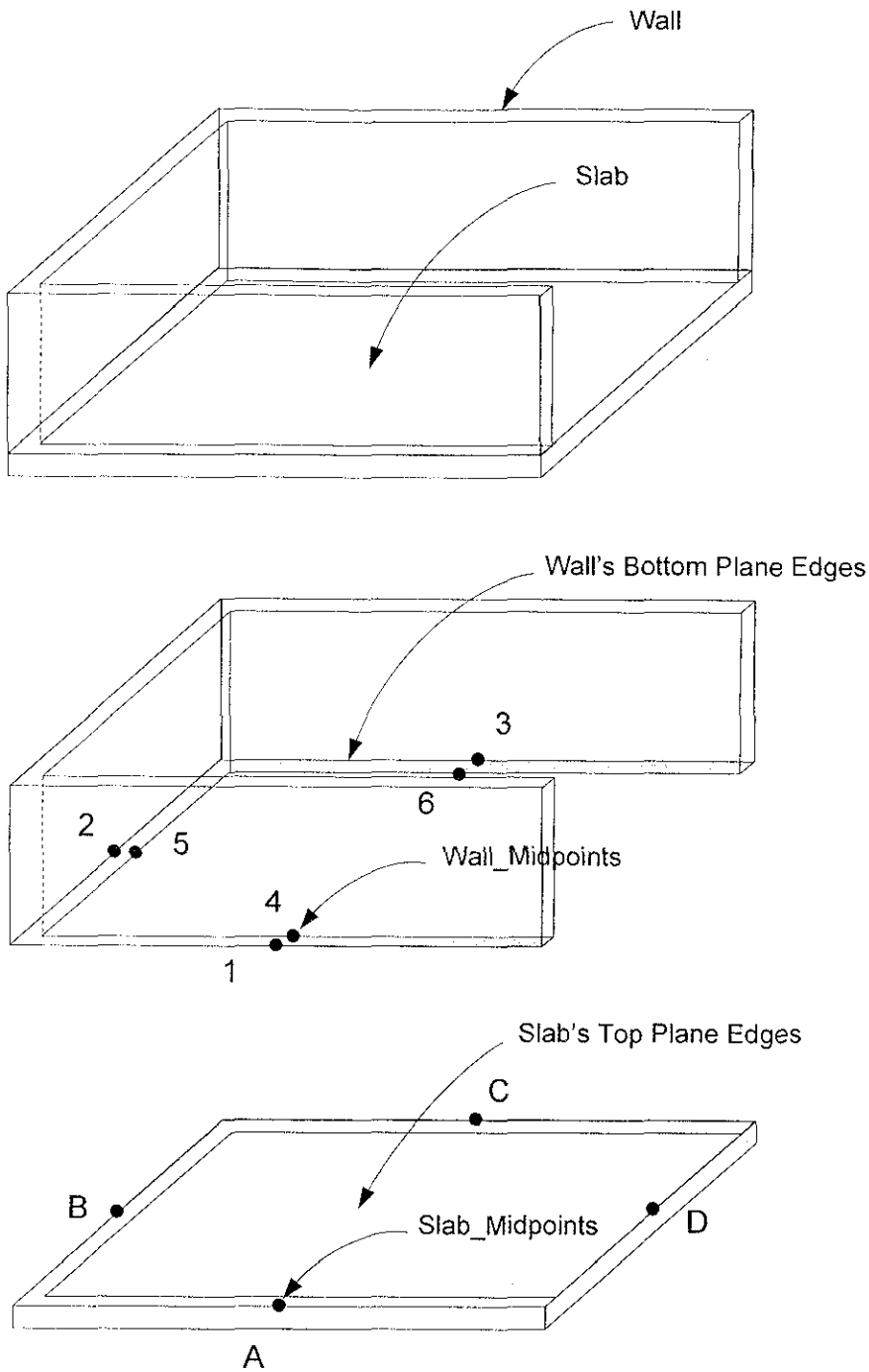
มาตราการความปลอดภัยสำหรับพื้นที่บริเวณ 'High Safety Measure Boundary' นั้นได้แก่ ราวกันตก และแผ่นปิดช่องเปิดบนพื้น เป็นต้น ซึ่งเป็นโครงสร้างรองรับชั่วคราวที่ติดตั้งเพื่อป้องกันความอันตรายของการตกจากที่สูง และสามารถรื้อถอนออกได้เมื่อมีการก่อสร้างผนังภายนอกขึ้นล้อมรอบริมขอบของพื้นหรือช่องเปิดที่พื้น เนื่องจากผนังสามารถป้องกันความอันตรายได้โดยตรง และขณะที่ก่อสร้างผนังก็ยังต้องการพื้นที่ติดตั้งและพื้นที่ทำงานในตำแหน่งเดียวกับโครงสร้างรองรับชั่วคราวนั้น

ดังนั้นจึงต้องสร้างโปรแกรมที่ตรวจสอบการก่อสร้างผนังบนพื้น ซึ่งหากตรวจพบจะต้องดำเนินการรื้อถอนมาตรการความปลอดภัยสำหรับพื้นที่บริเวณ 'High Safety Measure Boundary' โดยการเปลี่ยนสถานะการแสดงผลของวัตถุที่แสดงขอบเขตนี้ (Surfaces) เป็นสถานะ 'ซ่อน' ทำให้หายไปจากจอภาพ แต่หากตรวจไม่พบหรือยังไม่ถึงกำหนดการก่อสร้างผนังบนพื้น จะต้องคงโครงสร้างรองรับชั่วคราวนี้ต่อไปจนกว่าจะมีการก่อสร้างผนังนั้น สถานะการแสดงผลของวัตถุที่แสดงขอบเขตจึงยังคงเป็นแสถานะ 'แสดง'

การทำงานโปรแกรมนี้มีความซับซ้อนและมีหลายขั้นตอนดังต่อไปนี้ ต่อเนื่องจากโปรแกรมสำหรับวัตถุที่กำลังก่อสร้างที่เป็นพื้น (ดังในรูปที่ 6.9) เริ่มจากเรียกหาข้อมูลเส้นขอบทั้งหมด (Bottom Plane Edges) ของผนัง ที่ได้เตรียมไว้แล้วในขั้นตอนข้างต้น ซึ่งเส้นขอบเหล่านี้อยู่บนระนาบสัมผัสระหว่างผนังกับพื้น (Bottom Plane ของผนังกับ Top Plane ของพื้น) จากนั้นพิจารณาเส้นขอบเหล่านี้ทีละเส้น โดยการคัดกรองด้วยความยาวของเส้นที่ยาวกว่า 30 cm. เท่านั้น เส้นขอบที่สั้นกว่านี้ให้สมมติฐานว่าเป็นส่วนที่

เป็นความหนาของผนังซึ่งจะไม่เป็นส่วนสำคัญ รูปที่ 6.12 แสดงตัวอย่างของวัตถุที่เป็นพื้นและผนังใด ๆ เส้นขอบที่ได้จะทำการหาจุดกึ่งกลางเส้น (Midpoint) ได้ผลลัพธ์เป็นจุด 1 ถึง 6 ดังรูปที่ 6.12 ซึ่งจะตั้งชื่อจุดเหล่านี้ว่า 'Wall_Midpoints'

จากนั้นจึงเรียกโปรแกรมเพื่อหาวัตถุที่เป็นพื้นที่มีตำแหน่งของ Top Plane อยู่ที่ระดับเดียวกับจุด 'Wall_Midpoints' เหล่านี้ รายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อถัดไป ด้วยพื้นเหล่านี้จะทำการอ้างอิงไปที่วัตถุ 'High Surfaces' ของพื้น (ดูรายละเอียดในหัวข้อก่อนหน้า) และพิจารณาวัตถุ 'High Surfaces' เหล่านี้ทีละชิ้น เพื่อคำนวณหา 'Slab_Midpoint' ซึ่งเป็นจุดกึ่งกลางของ Surface ที่ระดับเดียวกับ 'Wall_Midpoints' โดยที่ Surface หนึ่งชิ้นจะให้ผลลัพธ์เพียงหนึ่งจุด รวมผลลัพธ์ทั้งหมดเป็นจุด A ถึง D ดังรูปที่ 6.12



รูปที่ 6.12 ตัวอย่างการทำ Midpoint Operation สำหรับพื้นและผนัง

ขั้นตอนของโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์หาจุด 'Wall_Midpoints' และ 'Slab_Midpoints' นี้เรียกว่า 'Midpoint Operation' ซึ่งจุดผลลัพธ์ที่ได้จากการพิจารณา Surface ทีละชิ้น (จุดแรกที่ได้ให้เป็นจุด A) จะถูกดำเนินการวิเคราะห์ต่อไป โดยนำไปเปรียบเทียบหาระยะห่างระหว่าง 'Slab_Midpoint' จุดนี้กับ 'Wall_Midpoints' (มีทั้งหมด 6 จุด) จะทำให้มีจำนวนกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมด 6 ระยะทาง (จาก 6 คู่ คือ A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, และ A-6) ซึ่งถ้ามีอย่างน้อยเพียงกรณีเดียวที่ได้ระยะห่างน้อยกว่า 30 cm. เกิดขึ้น จะสามารถสรุปได้ว่า Surface ชิ้นที่กำลังพิจารณานี้ได้มีการก่อสร้างผนังซ้อนทับบริเวณนี้แล้ว จึงต้องดำเนินการซ่อนวัตถุ Surface ชิ้นนี้เสีย

จากนั้นในลูปต่อไป โปรแกรมจะพิจารณาวัตถุ Surface ชิ้นถัดไป แล้วดำเนินการซ้ำเหมือนเดิม จนกระทั่งครบทุก Surfaces จากตัวอย่างมีทั้งหมด 4 ชิ้น สรุปคู่จุดที่ผ่านการพิจารณาระยะห่างได้ดังตารางที่ นี้ (อ้างอิงตัวอย่างในรูปที่ 6.12)

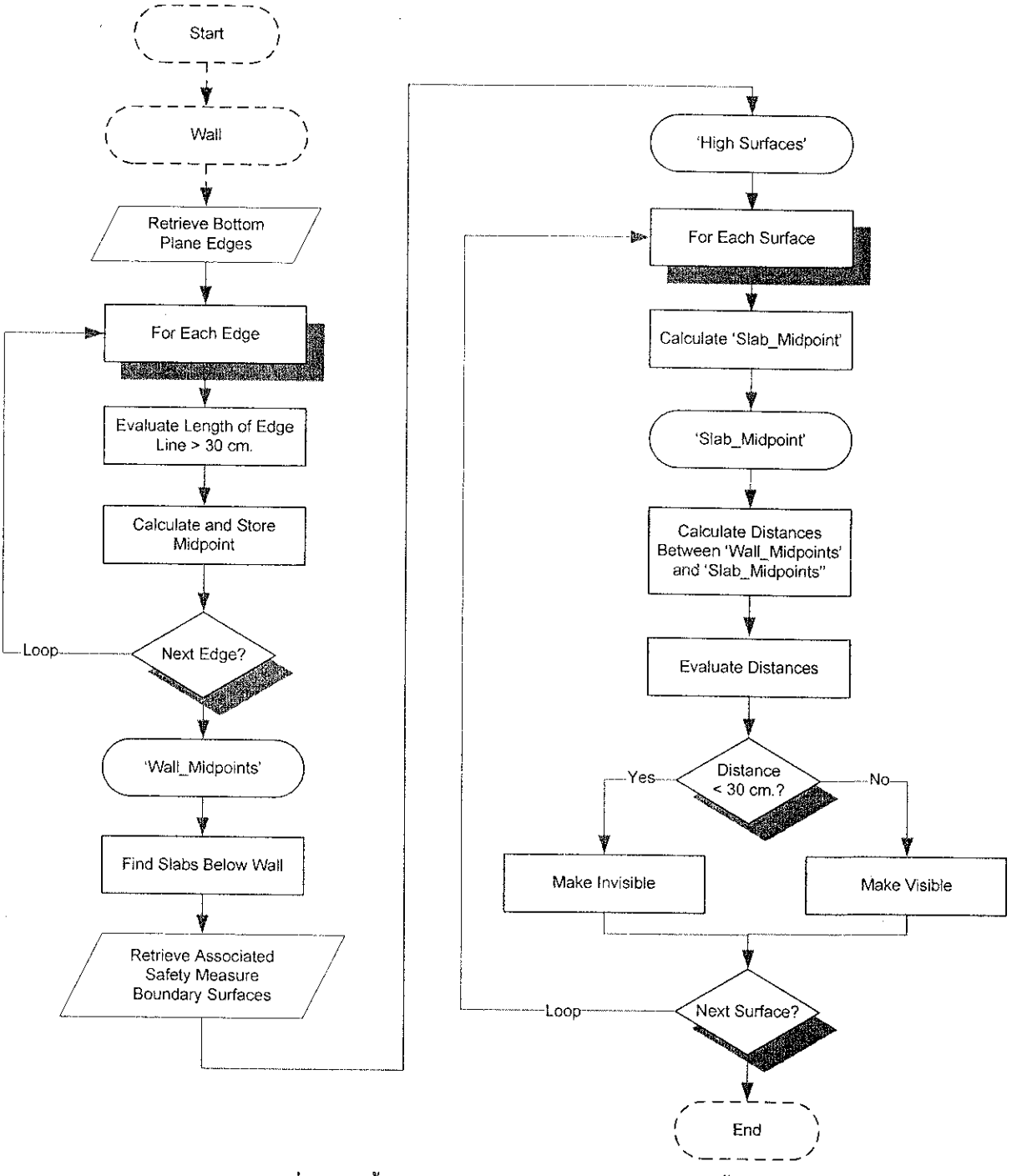
ตารางที่ 6.1 สรุปการดำเนินการพิจารณา Midpoint Operation สำหรับพื้นทั่วไป

ลูปที่	คู่จุด	คู่จุดที่มีระยะห่าง < 30 cm.	สรุป	ดำเนินการ
1	A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6	A-1, A-4	มีผนัง	ซ่อน Surface
2	B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6	B-2, B-5	มีผนัง	ซ่อน Surface
3	C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6	C-3, C-6	มีผนัง	ซ่อน Surface
4	D-1, D-2, D-3, D-4, D-5, D-6	ไม่มี	ไม่มีผนัง	แสดง Surface

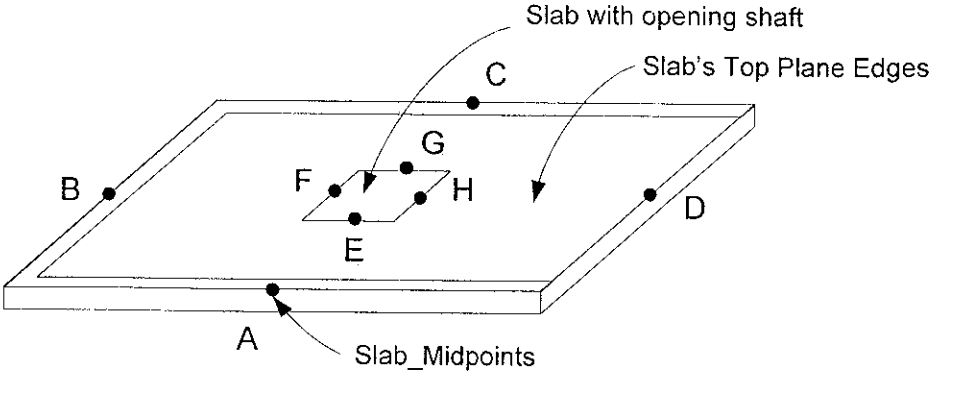
รูปที่ 6.13 แสดงขั้นตอนวิธีการตรวจสอบการก่อสร้างผนังบนพื้นด้วยการทำ 'Midpoint Operation' นอกจากนี้วิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ยังสามารถใช้ได้กับกรณีของพื้นที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่กว่า 30x30 cm2 ซึ่งเป็นขนาดช่องเปิดที่มีความอันตรายของการตกจากที่สูงได้ ดังแสดงในรูปที่ 6.14 สำหรับตัวอย่างพื้นตัวอย่างในรูปจะได้ผลลัพธ์จากการทำ 'Midpoint Operation' เป็นจุด 'Slab_Midpoints' จำนวน 8 จุดคือ A, B, C, D, E, F, G, และ H และเป็นจุด 'Wall_Midpoints' จำนวน 6 จุดคือ 1, 2, 3, 4, 5, และ 6 เหมือนกับผนังตัวอย่างในรูปที่ 6.12

ตารางที่ 6.2 สรุปการดำเนินการพิจารณา Midpoint Operation สำหรับพื้นที่มีช่องเปิด

ลูปที่	คู่จุด	คู่จุดที่มีระยะห่าง < 30 cm.	สรุป	ดำเนินการ
1	A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6	A-1, A-4	มีผนัง	ซ่อน Surface
2	B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6	B-2, B-5	มีผนัง	ซ่อน Surface
3	C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6	C-3, C-6	มีผนัง	ซ่อน Surface
4	D-1, D-2, D-3, D-4, D-5, D-6	ไม่มี	ไม่มีผนัง	แสดง Surface
5	E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6	ไม่มี	ไม่มีผนัง	แสดง Surface
6	F-1, F-2, F-3, F-4, F-5, F-6	ไม่มี	ไม่มีผนัง	แสดง Surface
7	G-1, G-2, G-3, G-4, G-5, G-6	ไม่มี	ไม่มีผนัง	แสดง Surface
8	H-1, H-2, H-3, H-4, H-5, H-6	ไม่มี	ไม่มีผนัง	แสดง Surface



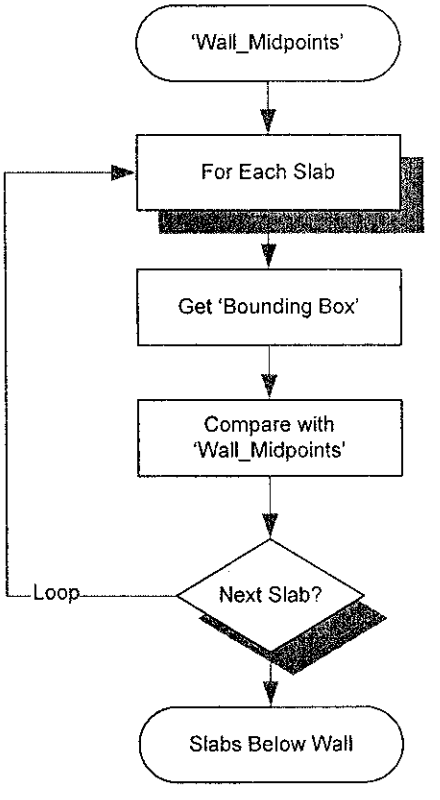
รูปที่ 6.13 ขั้นตอนการตรวจสอบการก่อสร้างผนังบนพื้น



รูปที่ 6.14 ตัวอย่างการทำ Midpoint Operation สำหรับพื้นที่มีช่องเปิดและผนัง

6.3.9 การค้นหาพื้นที่อยู่ใต้ผนัง

โปรแกรมการค้นหาพื้นที่อยู่ใต้ผนังที่กำลังก่อสร้าง ซึ่งเป็นโปรแกรมย่อยที่อยู่ในขั้นตอนการตรวจสอบการก่อสร้างผนังบนพื้นที่กล่าวรายละเอียดในหัวข้อที่ผ่านมา โปรแกรมนี้เริ่มต้นจากการวนลูปในกลุ่มของวัตถุที่เป็นชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างประเภทพื้น โดยพิจารณาวัตถุพื้นทีละชิ้น ด้วยคำสั่ง 'GetBoundingBox' ซึ่งจะทำให้ได้ค่าระดับของ Top Plane (พิจารณาจากค่าแกน Z ของจุดผลลัพธ์ทั้งสองที่ได้) ของพื้นชิ้นนั้น ขั้นตอนต่อไปคือการนำค่าระดับของ Top Plane ที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าระดับของจุด 'Wall_Midpoints' (จุด 'Wall_Midpoints' จะมีค่าระดับหรือค่าแกน Z เท่ากันและอยู่บนระนาบเดียวกันคือ ระนาบสัมผัสระหว่างผนังกับพื้นที่รองรับผนังนั้น) ซึ่งถ้าค่าระดับทั้งสองนี้เท่ากันจะสรุปได้ว่าวัตถุพื้นชิ้นนี้มีความเป็นไปได้ที่จะรองรับผนังชิ้นนี้อยู่ จึงนำมาสู่ขั้นตอนการพิจารณาต่อไป แต่หากว่าค่าระดับทั้งสองไม่เท่ากันจะสรุปว่าวัตถุพื้นชิ้นนี้ไม่ได้รองรับผนังชิ้นนี้อยู่ จะไม่พิจารณาต่อไปและจะข้ามไปพิจารณาวัตถุพื้นชิ้นถัดไป และทำขั้นตอนเหล่านี้ซ้ำกับกลุ่มวัตถุพื้นจนครบทุกชิ้น รูปที่ 6.15 แสดงขั้นตอนของโปรแกรมการค้นหาพื้นที่อยู่ใต้ผนัง ผลจากโปรแกรมย่อยนี้จะทำให้สามารถคัดแยกวัตถุพื้นที่มีความเป็นไปได้ที่จะเป็นพื้นที่อยู่ใต้ผนังที่กำลังก่อสร้างเพื่อการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป



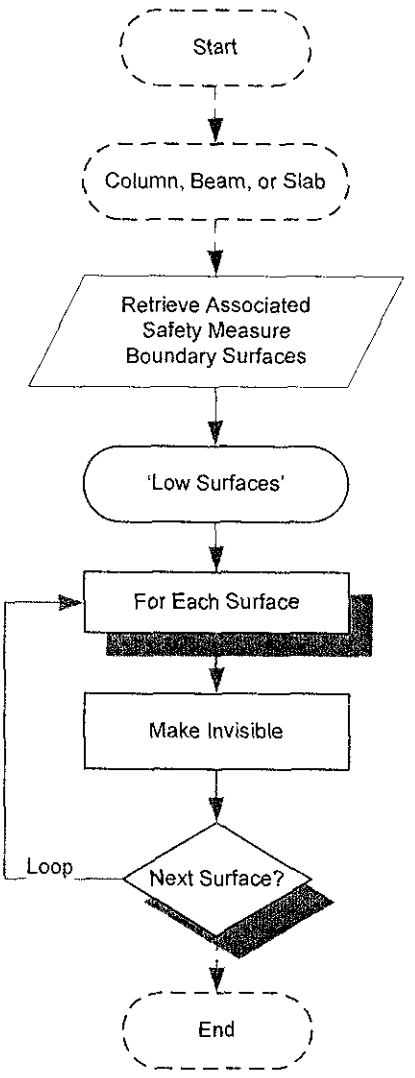
รูปที่ 6.15 ขั้นตอนการค้นหาพื้นที่รองรับผนัง

6.3.10 การรื้อถอนมาตรการความปลอดภัย

มาตรการความปลอดภัยที่กำหนดให้ติดตั้งชั่วคราวในระหว่างการก่อสร้าง ชิ้นส่วนหลักต่าง ๆคือ เสา คาน และพื้น นั้นจะต้องมีการรื้อถอนออกเมื่อการก่อสร้างนั้นแล้วเสร็จ หรือวัตถุที่เป็นชิ้นส่วน

สิ่งก่อสร้างหลักนั้นมีสถานะการดำเนินงานเป็น 'แล้วเสร็จ' ขั้นตอนของโปรแกรมสำหรับรื้อถอนมาตรการความปลอดภัยนี้คือการเปลี่ยนสถานะการแสดงผลของวัตถุ Surfaces ที่ใช้กำหนดขอบเขตของมาตรการความปลอดภัยที่ติดตั้งสำหรับชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลักชิ้นนั้น โดยทำการ 'ซ่อน' วัตถุ Surfaces ของวัตถุชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลักที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว ซึ่งวัตถุ Surfaces ที่ถูกซ่อนเหล่านี้ยังคงอยู่ในโมเดล เพื่อให้การเรียกแผนงานก่อสร้าง 4 มิติในครั้งถัด ๆไป โปรแกรมจะใช้วิธีควบคุมการแสดงผลวัตถุ Surfaces เหล่านี้ให้ 'แสดง' หรือ 'ซ่อน' เพื่อสอดคล้องกับสถานะการดำเนินการของวัตถุชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลักที่สัมพันธ์กันอยู่ โดยที่ไม่ต้องสร้างวัตถุ Surfaces เหล่านี้ขึ้นมาใหม่ทุกครั้งที่ทำการเรียกแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ อันจะช่วยลดขั้นตอนและเวลาการทำงานของโปรแกรมลงได้อย่างมาก

ขั้นตอนของโปรแกรมเริ่มจาก การพิจารณาวัตถุที่เป็นชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลักประเภท เสา คาน และพื้น เท่านั้น ที่มีสถานะการดำเนินงานเป็น 'แล้วเสร็จ' และทำการพิจารณาทีละชิ้น โดยการเรียกหาวัตถุ Surfaces ที่ใช้กำหนดขอบเขตของมาตรการความปลอดภัย (Safety Measure Boundary Surfaces) สำหรับวัตถุชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลักชิ้นนี้ และเฉพาะที่เป็นกลุ่มประเภท 'Low Surfaces' (กลุ่มประเภทที่เป็น 'High Surfaces' ได้กล่าวรายละเอียดการวิเคราะห์ไว้แล้วในหัวข้อที่ 6.3.8 การตรวจสอบการก่อสร้างผนังบนพื้น) จากนั้นทำการวนลูปด้วยกลุ่มวัตถุ Surfaces เหล่านี้ทีละชิ้น เพื่อเปลี่ยนสถานะการแสดงผลทางจอภาพให้เป็น 'ซ่อน' จะทำให้วัตถุ Surfaces เหล่านี้หายไปจากจอภาพ (แต่ยังคงมีอยู่ในโมเดล) จึงให้ความหมายถึงการรื้อถอนมาตรการความปลอดภัยออก รูปที่ 6.16 แสดงขั้นตอนของโปรแกรม



รูปที่ 6.16 ขั้นตอนการรื้อถอนมาตรการความปลอดภัยสำหรับเสา คาน และพื้น

6.3.11 การควบรวมการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยกับแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ

จากรายละเอียดของขั้นตอนโปรแกรมการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยที่ได้พัฒนาขึ้นมาใหม่ดังกล่าวข้างต้นทั้งหมดแล้ว สามารถนำมาควบรวมไว้กับส่วนโปรแกรมหลักที่เป็นแผนงานก่อสร้าง 4 มิติที่มีหลักการพัฒนาดังกล่าวรายละเอียดไว้ในบทที่ 5 โดยที่โปรแกรมแผนงานก่อสร้าง 4 มิติจะเป็นโปรแกรมส่วนหลัก โดยที่มีการแสดงผลภาพผ่านทางโปรแกรม AutoCAD มีขั้นตอนเริ่มต้นจาก การสร้างสภาวะเริ่มต้นเพื่อปรับแต่งให้วัตถุทั้งหมดอยู่ในสภาพการแสดงผลตอนเริ่มต้นหรือในสถานะยังไม่เริ่มดำเนินโครงการก่อสร้าง ตัวแปรสำคัญที่ใช้ควบคุมเวลาในการแสดงผลคือ 'T' ซึ่งลำดับในการแสดงผลจะเป็นไปตามลำดับเวลาของโครงการ โดยให้ค่า 'T' เริ่มต้นเท่ากับเวลาเริ่มต้นโครงการ จากนั้นจึงดำเนินการวนลูปหลักแบบ Do-While ด้วยค่า 'T' จนกระทั่ง 'T' มีค่ามากกว่าเวลาเสร็จสิ้นโครงการจึงจบโปรแกรมทั้งหมด และวนลูปชั้นต่อไปแบบ For-Next ตามลำดับของกิจกรรมก่อสร้าง (Tasks หรือ Activities) ในแผนงานก่อสร้าง (เชื่อมโยงไปยังข้อมูลในโปรแกรม MS Project) การวนลูปหลักจะทำให้เกิดภาพต่อเนื่องตามลำดับเวลา (Time Frame Series) ในขณะที่การวนลูปชั้นที่สองจะดำเนินการปรับเปลี่ยนสมบัติการแสดงผลของวัตถุทั้งหมดให้สอดคล้องกับแผนงานก่อสร้างที่ ณ ขณะเวลานั้นๆ

จากนั้นจึงทำการพิจารณากิจกรรมก่อสร้างทีละกิจกรรมตามลำดับในแผนงาน โดยทำการจำแนกสถานะการดำเนินงานออกเป็น กิจกรรมยังไม่ได้เริ่ม (Not-Started Activity), กิจกรรมที่กำลังดำเนินงาน (In-Progress Activity), และกิจกรรมที่แล้วเสร็จ (Finished Activity) ซึ่งแบ่งแยกด้วยการเปรียบที่ค่าเวลา 'Start' และ 'Finish' ของกิจกรรมนั้นกับค่า 'T'

แต่สำหรับกิจกรรมที่กำลังดำเนินงาน จะเรียกหาค่า 'Predecessors' เพิ่มเติมด้วย เพื่อใช้สำหรับอ้างอิงกับกิจกรรมที่แล้วเสร็จ และทำการจำแนกต่อไปอีกขั้นเป็น กิจกรรมที่แล้วเสร็จและเป็นกิจกรรมก่อนหน้าของกิจกรรมที่กำลังดำเนินงานอยู่ (Predecessor Finished Activity), และกิจกรรมที่แล้วเสร็จและไม่เป็นกิจกรรมก่อนหน้าฯ (Not-Predecessor Finished Activity)

เมื่อสามารถจำแนกสถานะของกิจกรรมออกเป็น 4 กลุ่มหลักแล้ว จึงเรียกหาค่า 'Text13' ซึ่งใช้เป็นคีย์เชื่อมโยง (กับ AcadObjects ที่แสดงถึงกิจกรรมก่อสร้างนี้) โดยจะบันทึกค่า 'Handle' ของ AcadObjects ไว้ ทำให้สามารถตามไปบ่งชี้วัตถุ AcadObjects ได้ จากนั้นจึงทำการเปลี่ยนแปลงสีการแสดงผลของวัตถุเหล่านี้ ให้สอดคล้องกับกลุ่มสถานะปัจจุบันของกิจกรรม ดังนี้

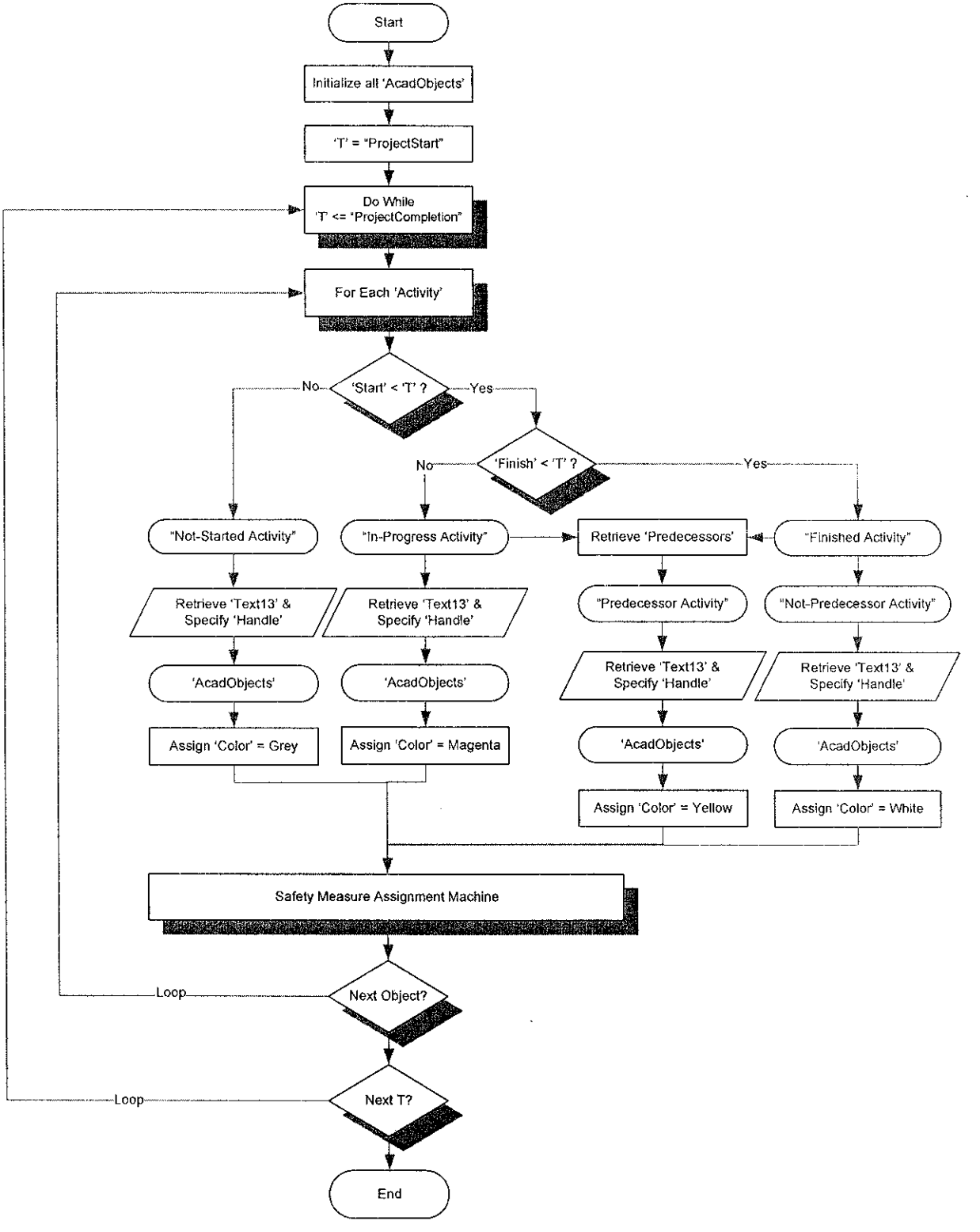
กิจกรรมยังไม่ได้เริ่ม (Not-Started Activity) เปลี่ยนสีวัตถุให้เป็นสีเทา (Grey)

กิจกรรมที่กำลังดำเนินงาน (In-Progress Activity) เปลี่ยนสีวัตถุให้เป็นสีม่วง (Magenta)

กิจกรรมที่แล้วเสร็จและเป็นกิจกรรมก่อนหน้าของกิจกรรมที่กำลังดำเนินงานอยู่ (Predecessor Finished Activity) เปลี่ยนสีวัตถุให้เป็นสีเหลือง (Yellow)

กิจกรรมที่แล้วเสร็จและไม่เป็นกิจกรรมก่อนหน้าฯ (Not-Predecessor Finished Activity) เปลี่ยนสีวัตถุให้เป็นสีขาว (White)

ขั้นตอนสำคัญยิ่งในลำดับต่อไปคือการเข้าสู่โปรแกรมการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมนี้ ซึ่งรายละเอียดของโปรแกรมได้แบ่งออกเป็นโปรแกรมย่อย ๆทีละขั้นดังกล่าวไว้แล้วในหลายหัวข้อข้างบน ซึ่งจะเป็นการพิจารณาดำเนินการกับกิจกรรมก่อสร้างทีละกิจกรรม เมื่อเข้าสู่โปรแกรมการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยแล้วจะดำเนินการต่อกับกลุ่มวัตถุ (AcadObjects) ที่แทนกิจกรรมนี้ โดยการพิจารณาวัตถุทีละชิ้น เมื่อเสร็จขั้นตอนแล้วจึงวนลูปด้วยจุดเวลาถัดไปของโครงการจนกระทั่งเสร็จสิ้นโครงการ จึงจบการแสดงผลโปรแกรมแผนงานก่อสร้าง 4 มิติที่ควบรวมการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัย รายละเอียดขั้นตอนโปรแกรมแสดงในรูปที่ 6.17



รูปที่ 6.17 ขั้นตอนโปรแกรมแผนงานก่อสร้าง 4 มิติที่ควบรวมกับโปรแกรมการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัย

6.4 บทวิจารณ์

ขั้นตอนวิธี (algorithms) การแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยด้วยแผนงานก่อสร้าง 4 มิติที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ประกอบไปด้วยโปรแกรมที่ซับซ้อนจำนวนมาก เพื่อให้การวิเคราะห์ทางเรขาคณิต

และตำแหน่งของวัตถุชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างเป็นไปอย่างสมเหตุสมผล และสามารถกำหนดขอบเขตข้อกำหนดความปลอดภัยที่ต้องปฏิบัติได้อย่างอัตโนมัติและถูกต้อง ทั้งยังต้องเปลี่ยนแปลงและสัมพันธ์กับเวลาของโครงการก่อสร้าง ซึ่งทำให้การดำเนินโปรแกรมได้อย่างสมบูรณ์แบบนั้นต้องพึ่งพาการสร้างโมเดลแบบก่อสร้าง 3 มิติให้ถูกต้องเสียก่อน เช่น วัตถุทุกชิ้นในโมเดลต้องเป็นวัตถุ 3 มิติ วัตถุทุกชิ้นจะต้องเป็นตัวแทนของกิจกรรมก่อสร้างอย่างน้อยหนึ่งกิจกรรม ต้องไม่มีวัตถุที่ซ้ำซ้อนกัน ตำแหน่งของวัตถุ 3 มิติในสิ่งก่อสร้างจะต้องถูกต้องอย่างแม่นยำ เป็นต้น

อีกทั้งข้อกำหนดมาตรการความปลอดภัยที่มีอยู่ก็กระจัดกระจายยังไม่มีการเรียบเรียงไว้อย่างเป็นระบบ ขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้นนั้นมีเป้าหมายในการดำเนินการกับกลุ่มวัตถุเฉพาะที่เป็นชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลักคือ เสา คาน พื้น และผนัง ทั้งนี้เพื่อให้สามารถกำหนดมาตรการความปลอดภัยเฉพาะที่ชัดเจนเท่านั้นซึ่งมีอยู่เฉพาะสำหรับชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลักเท่านั้น และยังเป็นการสร้างขอบเขตของงานวิจัยไว้เพื่อให้ตัวโปรแกรมมีความกระชับและไม่ซับซ้อนจนเกินไป นอกจากนี้เนื่องจากข้อจำกัดของตัวเทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติเองที่ทำให้แสดงข้อกำหนดความปลอดภัยได้เพียงบางส่วนจากทั้งหมด คือเฉพาะข้อกำหนดความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับตำแหน่งที่แน่นอนของชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้าง และมีรูปทรงเป็น 3 มิติมีขอบเขตขนาดที่สามารถกำหนดได้ ซึ่งได้แก่ข้อกำหนดความปลอดภัยเกี่ยวกับความอันตรายของการตกจากที่สูง และความอันตรายจากวัสดุตกหล่นกระเด็นใส่ เท่านั้น

อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้ริเริ่มแนวทางใหม่ในการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยด้วยแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ ในรูปแบบของกราฟฟิค 3 มิติอย่างอัตโนมัติ ซึ่งก้าวหน้าจากงานวิจัยที่มีอยู่เช่น การควบรวมข้อกำหนดความปลอดภัยกับการวางแผนงานก่อสร้างแบบ CPM (Kartam, 1997), การกำหนดพื้นที่ว่างสำหรับกระบวนการก่อสร้างต่างๆ (Akinci และคณะ, 2002a), การแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยแบบ textual ด้วยแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ (Chantawit และคณะ, 2005) ซึ่งงานวิจัยที่มีอยู่ยังไม่มีการเสนอแนวทางในการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยในรูปแบบกราฟฟิค 3 มิติและอย่างอัตโนมัติ งานวิจัยนี้จึงสามารถเป็นแนวทางเริ่มต้นสำหรับการวิจัยต่อไป ที่จะพัฒนาต่อยอดไปเพื่อเพิ่มความสามารถในการแสดงผลข้อกำหนดความปลอดภัยให้มากขึ้นกับชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างมากขึ้นกว่าเดิม

6.5 บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาขั้นตอนวิธีในการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยด้วยแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ โดยได้แบ่งแนวทางขั้นตอนวิธีออกตามกลุ่มประเภทของชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลัก ได้แก่ เสาและคาน พื้น ผนัง และอื่นๆ ซึ่งข้อกำหนดความปลอดภัยที่แสดงผลเป็นแผนภาพนั้นทำโดยการสร้างขอบเขตมาตรการข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างต่างๆ โดยขอบเขตนี้จะถูกสร้าง (หรือแสดง) ขึ้นโดยอัตโนมัติด้วยการวิเคราะห์รูปทรงและตำแหน่งของชิ้นส่วนก่อสร้างที่เป็นตัวแทนของกิจกรรมก่อสร้างในแผนงาน ได้แก่ เสาและคานมีขอบเขตความปลอดภัยที่บริเวณด้านบนที่ระยะห่างออกไป 60 cm. โดยรอบที่ระดับหัวเสาหรือหลังคานลงไปจนถึงระดับพื้นที่รองรับเสาหรือคานชั้นนั้น พื้นมีขอบเขตความปลอดภัยส่วนแรกบริเวณข้างใต้พื้นตั้งแต่ระดับท้องพื้นลงไปจนถึงระดับพื้นชั้นล่างถัดไปหรือระดับดิน และขอบเขตความปลอดภัยส่วนที่สองบริเวณเหนือพื้นโดยรอบริมขอบพื้นและขอบช่องเปิดที่พื้น ตั้งแต่ระดับบนพื้น

สูงขึ้นไป 90 cm. ส่วนผนังจะไม่มีขอบเขตความปลอดภัยแต่ในทางกลับกันการก่อสร้างผนังจะช่วยแทนที่มาตรการความปลอดภัยชั่วคราวที่ติดตั้งไว้สำหรับพื้นได้ นอกจากนั้นข้อกำหนดความปลอดภัยเหล่านี้เป็นมาตรการชั่วคราวที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของสถานะความก้าวหน้าของโครงการก่อสร้าง ตามที่แสดงผลด้วยเทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ เมื่อถึงคราวที่ต้องรื้อถอนออกขอบเขตความปลอดภัยเหล่านี้ก็จะถูกซ่อนไว้โดยอัตโนมัติอย่างสอดคล้องกับสถานะการก่อสร้างในขณะนั้น

การแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยด้วยแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ เป็นการเพิ่มประโยชน์การใช้งานของเทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติในรูปแบบใหม่ ที่ทำให้ผู้ใช้สามารถเห็น รับรู้ได้อย่างชัดเจน และเกิดความตระหนักถึงข้อกำหนดด้านความปลอดภัยที่จำเป็นต้องปฏิบัติในระหว่างงานก่อสร้าง อันจะนำไปสู่การจัดสรรทรัพยากรอย่างเหมาะสมให้กับการปฏิบัติงานความปลอดภัยเหล่านี้ ทั้งยังทำให้เห็นถึงพื้นที่ว่างที่ต้องถูกใช้เป็นขอบเขตบริเวณมาตรการความปลอดภัยที่ติดตั้งขึ้นชั่วคราว ซึ่งจะทำให้สามารถรับรู้พื้นที่ว่างที่เหลืออยู่จริงที่จะนำมาใช้เป็นพื้นที่ทำงานก่อสร้างได้ การแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยนี้จะเป็นการเพิ่มคุณค่าและสนับสนุนการใช้เทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติให้ได้อรรถประโยชน์หลากหลายมากยิ่งขึ้น

บทที่ 7 บทสรุป

7.1 การอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อริเริ่มพัฒนาวิธีการที่เหมาะสม สำหรับการแสดงข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างด้วยเทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ โดยแบ่งการดำเนินโครงการออกเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ซึ่งสามารถสรุปผลสำเร็จและอภิปรายผลได้ดังนี้

7.1.1 การบ่งชี้ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยที่เป็นกฎหมาย

ผลจากการศึกษาเพื่อบ่งชี้ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่มีอยู่ในบทบัญญัติทางกฎหมาย (รายละเอียดในหัวข้อที่ 3.3) ได้ทำการศึกษารวบรวมข้อกำหนดความปลอดภัยที่เป็นประกาศกระทรวงมหาดไทย ตามประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 103 (2515), กฎกระทรวงภายใต้พระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน (2541), และมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับงานก่อสร้างอาคาร (1003-18)

ผลที่ได้พบว่าไม่มีกฎหมายความปลอดภัยที่บัญญัติขึ้นสำหรับควบคุมงานก่อสร้างโดยตรง ถึงแม้ว่างานก่อสร้างจะเป็นงานที่มีความอันตรายสูง กฎหมายความปลอดภัยที่บัญญัติขึ้นจะครอบคลุมการทำงานทั่วไปทุกประเภท ซึ่งอาจทำให้เหมาะสมกับงานอุตสาหกรรมผลิตมากกว่างานก่อสร้าง กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างมากที่สุดคือประกาศกระทรวงมหาดไทย ตามประกาศของคณะปฏิวัติฉบับที่ 103 (2515) แต่ก็เป็นกฎหมายที่เก่าและบางส่วนล้าสมัย ได้มีการยกเลิกการใช้บางมาตรา อีกทั้งมีสถานะเป็นเพียงประกาศกระทรวงเท่านั้น ประกาศกระทรวงเรื่องความปลอดภัยในการทำงานเหล่านี้ได้ประกาศใช้ขึ้นหลายฉบับในช่วงเวลาต่าง ๆกัน (ห่างกันหลายปี) มีความกระจัดกระจาย ไม่เป็นระบบระเบียบ และไม่ได้มุ่งเน้นเพื่อควบคุมความอันตรายจากงานก่อสร้างโดยเฉพาะ สำหรับพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงานก็มีความเกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างน้อยมาก แม้จะมีสถานะเป็นพระราชบัญญัติและมีความทันสมัยกว่า

อย่างไรก็ตามมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับงานก่อสร้างอาคาร โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย มีความเฉพาะเจาะจงที่สุด แต่ไม่มีสถานะเป็นกฎหมายโดยตรง ไม่มีบทลงโทษ และไม่มีการบังคับใช้ เป็นลักษณะคู่มือคำแนะนำให้ปฏิบัติตาม เนื้อหาในมาตรฐานฯกล่าวถึงโครงสร้างรองรับ หรือขั้นตอนการทำงานแต่ละประเภท ซึ่งมีรายละเอียดที่น้อยเกินไปกว่าที่จะปฏิบัติตามได้อย่างเคร่งครัด นอกจากนี้เนื้อหายังไม่ครอบคลุมทุกกระบวนการก่อสร้าง การก่อสร้างทุกประเภท และบางส่วนมีความล้าสมัยไม่เหมาะสมกับเทคโนโลยีการก่อสร้างใหม่ ๆ ในการดำเนินงานวิจัยจะปรับใช้ข้อกำหนดตามแนวทางในมาตรฐานฯนี้

7.1.2 การปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัย

ผลจากการศึกษาสำรวจหาความเคร่งครัดและความถูกต้องของการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยของโครงการก่อสร้างกรณีตัวอย่าง รวมทั้งวิเคราะห์หาสาเหตุของความละเลยไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนด

จากการศึกษาสำรวจโครงการก่อสร้างหลากหลายประเภท ขนาด และสถานที่ พบว่ากลุ่มผู้บริหารโครงการ (วิศวกรโครงการ) ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัย โดยเฉพาะ

เมื่อเทียบกับความสำคัญด้านความก้าวหน้าของผลงาน ผลกำไรและเวลาของโครงการ นอกจากนี้ ผู้ปฏิบัติงานเอง (คนงานก่อสร้าง) ก็ยังละเลยและไม่ตระหนักถึงความร้ายแรงของการสูญเสียจากอุบัติภัยที่อาจเกิดขึ้นในการทำงาน ทั้งผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานมองเรื่องความปลอดภัยเป็นเรื่องไกลตัวและมีโอกาสเกิดขึ้นน้อย โดยไม่คำนึงถึงความรุนแรงของความสูญเสีย และทำให้เกิดความขัดแย้งในการทำงานร่วมกันระหว่างผู้ปฏิบัติงานก่อสร้างกับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยของโครงการ

ผู้บริหารโครงการมีทัศนะคติว่าการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัย เป็นสิ่งที่สิ้นเปลืองและไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ผู้บริหารโครงการยังปล่อยปละละเลย ไม่มีมาตรการบังคับให้ทุกคนปฏิบัติตาม มีแนวโน้มว่าบริษัทก่อสร้างที่มีขนาดเล็กจะมีการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยน้อยกว่าบริษัทขนาดใหญ่ และโครงการก่อสร้างที่ตั้งอยู่ในสถานที่ห่างไกลชุมชน (นอกเมือง) จะไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยอย่างเคร่งครัดและครบถ้วน

7.1.3 พัฒนาการของเทคนิค 4D CAD model และการปรับปรุง

ผลจากการทบทวนพัฒนาการของเทคนิค 4D CAD model ที่มีอยู่ในปัจจุบัน รวมไปถึงแนวคิดเกี่ยวกับการควบรวมข้อกำหนดความปลอดภัยกับแผนงานก่อสร้าง พบลำดับแนวคิดหลักที่สำคัญที่เกี่ยวข้อง 3 ประการคือ

1. แนวคิดเกี่ยวกับการควบรวมข้อกำหนดความปลอดภัยกับแผนงานก่อสร้างแบบ CPM โดย Kartam (1997) ได้ชี้ว่าแผนงานก่อสร้างโดยทั่วไปนั้น ไม่ได้กำหนดให้การปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยเป็นกิจกรรมของแผนงานและไม่ได้ถูกรวมไว้ในแผนงาน จึงได้เสนอให้นำการปฏิบัติงานความปลอดภัยต่าง ๆมารวมอยู่ใน Work Breakdown Structure ของแผนงานด้วย เพื่อให้มีการจัดสรรทรัพยากรและเวลาให้กับกิจกรรมเพื่อความปลอดภัยเหล่านี้ และยังให้นำข้อกำหนดความปลอดภัยมาบรรจุไว้เป็นรายละเอียดของกิจกรรมต่าง ๆ งานวิจัยของพวกเขาทำให้เกิดความตื่นตัวในเรื่องการนำเรื่องความปลอดภัยมาผนวกไว้กับแผนงานก่อสร้าง

2. แนวคิดการใช้แผนงานก่อสร้าง 4 มิติเพื่อวิเคราะห์พื้นที่ว่าง (space) โดย Akinci และคณะ (2002a) ได้ทำการศึกษาเรื่องพื้นที่ว่างที่มีอยู่ในสถานที่ก่อสร้าง พวกเขาเสนอให้พิจารณาพื้นที่ว่าง เป็นทรัพยากรโครงการประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญและมีความวิกฤตสูง คือมักมีความไม่เพียงพอ ความแออัดหรือความต้องการใช้งานทับซ้อนกันในช่วงเวลาเดียวกัน พวกเขายังได้แบ่งพื้นที่ว่างออกเป็นประเภทต่าง ๆ รวมทั้งพื้นที่ว่างสำหรับความปลอดภัย และเสนอวิธีการ generalize ขนาดและตำแหน่งของพื้นที่ว่างใน 3 มิติ ที่จำเป็นต้องใช้สำหรับกิจกรรมก่อสร้างประเภทต่าง ๆ โดยสัมพันธ์กับตำแหน่งของชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างนั้น การ generalize ขนาดและตำแหน่งของพื้นที่ว่างดังกล่าวใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการก่อสร้างหลาย ๆ โครงการ

3. แนวคิดการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยกับแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ Chantawit และคณะ (2005) ได้เสนอแนวทางการใช้เทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ เพื่อแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยของกิจกรรมก่อสร้างต่าง ๆ ลักษณะการแสดงผลข้อมูลอยู่ในรูปแบบของข้อความตัวหนังสือ (textual data) วางอยู่ในกรอบส่วนหนึ่งของหน้าจอแสดงผล ร่วมกับการแสดงผลแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้

ได้ต่อยอดแนวคิดของ Kartam (1997) ที่เสนอให้นำเรื่องความปลอดภัยมาร่วมไว้เป็นส่วนหนึ่งของแผนงานก่อสร้าง นอกจากนี้โปรแกรมที่พวกเขาพัฒนาขึ้นยังสามารถปรับปรุงฐานข้อมูลข้อกำหนดความปลอดภัยของกิจกรรมก่อสร้างแต่ละกิจกรรมได้ตลอด และสามารถนำไปแก้ไขใช้กับโครงการก่อสร้างต่อ ๆไปได้ อย่างไรก็ตามการแสดงผลในรูปแบบข้อความทำให้ไม่สามารถนำข้อดีของเทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติมาใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลจากการทบทวนพัฒนาการล่าสุดของเทคนิค 4D CAD model ยังพบว่าแผนงานก่อสร้าง 4 มิตินั้นยังคงเป็นงานเพิ่มเติมจากการวางแผนงานก่อสร้างแบบปกติ (เช่น CPM) การแสดงผลข้อมูลแผนงานยังคงต้องพึ่งพาแผนงานแบบอื่นร่วมด้วย เช่น แกนท์ชาร์ต โดยที่แผนงานก่อสร้าง 4 มิติที่มีอยู่นั้นจะแสดงผลมุ่งเน้นไปที่ลำดับขั้นตอนการก่อสร้างเป็นหลัก โดยที่ละเลยการแสดงผลข้อมูลอื่น ๆที่สำคัญของแผนงาน ทำให้การแสดงผลของแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ ขาดความสมบูรณ์แบบในตัวเอง (รายละเอียดในหัวข้อ 5.6.2) ประเด็นปัญหาของการแสดงผลแผนภาพได้แก่ การแสดงภาพรวมของแผนงานทั้งโครงการ การแสดงขอบเขตกิจกรรม ระยะเวลาของกิจกรรม ความสัมพันธ์ของกิจกรรม และการแสดงความก้าวหน้าของโครงการ งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาแนวทางการปรับปรุงการแสดงผลภาพของแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ (รายละเอียดในหัวข้อ 5.7) ด้วยวิธีการอันได้แก่ การกำหนดสีของวัตถุ 3 มิติสำหรับสถานะการดำเนินงานต่าง ๆกัน การแสดงวัตถุ 3 มิติทั้งหมดตลอดเวลาการแสดงผล การใช้ graphic interface เพิ่มเติมเพื่อแสดงข้อมูลที่จำเป็นของแผนงาน เช่น ระยะเวลา ความสัมพันธ์ เส้นเวลาโครงการ วันที่ปัจจุบัน และการแสดงผลความก้าวหน้าของโครงการ

ข้อเสนอการปรับปรุงการแสดงผลภาพที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ เพื่อให้เทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติสามารถสื่อแสดงข้อมูลแผนงานก่อสร้างที่สำคัญได้เพิ่มขึ้น ด้วยการใช้สื่อข้อมูลแบบกราฟฟิค คือสีของวัตถุ 3 มิติ และ graphic interface ที่ทำให้ผู้ใช้เข้าใจได้ง่าย ซึ่งจะช่วยทำให้เทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติมีความเป็นเอกเทศจากแผนงานก่อสร้างแบบปกติมากขึ้น และสนับสนุนการใช้งานเทคนิคใหม่นี้ให้แพร่หลายต่อไป อย่างไรก็ตามยังมีข้อมูลแผนงานก่อสร้างอีกจำนวนหนึ่งที่ไม่ได้ถูกแสดงด้วยการปรับปรุงนี้ เนื่องจากข้อมูลแผนงานก่อสร้างทั้งหมดมีจำนวนมาก งานวิจัยนี้จึงเลือกเฉพาะข้อมูลสำคัญที่ช่วยในการพิจารณาตัดสินใจในการดำเนินโครงการก่อสร้างมาพิจารณาปรับปรุงการแสดงผลภาพก่อน ส่วนข้อมูลอื่น ๆที่ไม่ได้ถูกแสดง ได้แก่ ค่าเวลาเลื่อน (Float time) ต้นทุน ทรัพยากรที่ใช้ เป็นต้น อาจเป็นประเด็นของการวิจัยต่อไป

7.1.4 การแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยด้วยเทคนิค 4D CAD model

ผลจากการริเริ่มและพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมในการควบรวมข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างให้แสดงผลได้ด้วยเทคนิค 4D CAD model ข้อกำหนดความปลอดภัยที่สามารถนำมาแสดงผลแบบกราฟฟิคได้คือข้อกำหนดความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับความอันตรายของการตกจากที่สูงและวัสดุตกกระเด็นใส่ ซึ่งความอันตรายประเภทนี้มีลักษณะที่สัมพันธ์กับตำแหน่งที่ตั้งในสิ่งก่อสร้างที่แน่นอน และข้อกำหนดความปลอดภัยก็สามารถระบุให้สัมพันธ์กับขนาดและตำแหน่งของชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างได้ ทำให้สอดคล้องกับจุดเด่นของเทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ ที่สามารถแสดงรายละเอียดแบบกราฟฟิคเกี่ยวกับพื้นที่ว่างในบริเวณที่ก่อสร้างตามแต่ละช่วงเวลาได้ แต่ความอันตรายประเภทอื่น ๆที่เหลือนั้นจะสัมพันธ์กับ

สิ่งของ วัสดุก่อสร้าง เครื่องมือ และเครื่องจักรที่มีตำแหน่งไม่แน่นอนหรือสามารถเคลื่อนย้ายไปมาได้ หรือความอันตรายที่สัมพันธ์กับบุคคลปฏิบัติงาน จึงไม่รวมไว้ในประเด็นของงานวิจัยนี้

ชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างที่กำหนดให้แสดงข้อกำหนดความปลอดภัยคือ ชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลักได้แก่ เสา คาน พื้น ผนัง ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมก่อสร้างเกือบทั้งหมดในแผนงาน ชิ้นส่วนหนึ่งชิ้นอาจเกี่ยวข้องกับกิจกรรมก่อสร้างได้หลายกิจกรรม เช่น กลุ่มวัตถุ 3 มิติที่แสดงแทนพื้นชั้นที่หนึ่งสามารถเป็นตัวแทนของกิจกรรมติดตั้งแบบ ผูกเหล็ก เทคอนกรีต ถอดแบบ และตกแต่ง ชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างย่อยอื่น ๆที่เหลือเช่น ประตู หน้าต่าง เป็นต้น ไม่ได้ถูกพิจารณาเนื่องจากไม่มีความเกี่ยวข้องกับความอันตรายอย่างเฉพาะเจาะจง นอกจากนี้ชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างที่อยู่ใต้ดิน งานดิน งานตกแต่งบริเวณ และงานอื่น ๆที่ไม่เกี่ยวข้องกับตัวอาคาร ก็ไม่ได้ถูกพิจารณาด้วยเช่นกัน และชิ้นส่วนดังกล่าวอาจไม่ได้รวมไว้ในโมเดลแบบก่อสร้าง 3 มิติ

ขั้นตอนวิธีของโปรแกรมการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยที่พัฒนาขึ้นนี้ ประกอบได้ด้วยขั้นตอนที่จำนวนมากและซับซ้อน การเรียกโปรแกรมให้ทำงานในครั้งแรกคือ การสร้างวัตถุใหม่ที่กำหนดขอบเขตของมาตรการความปลอดภัย จะใช้เวลานานกว่าการเรียกโปรแกรมในครั้งต่อ ๆไป เพราะจะเป็นการนำวัตถุที่สร้างไว้แล้วเหล่านี้กลับมาแสดงผลทางจอภาพ หรือเปลี่ยนสถานะจาก “ซ่อน” เป็น “แสดง” โครงสร้างหลักของโปรแกรมก็คือโปรแกรมของแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ โดยที่สอดแทรกโปรแกรมการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยเข้าไว้ด้วย (ดังรูปที่ 6.17) ซึ่งมีขั้นตอนวิธีเริ่มจากการพิจารณาวัตถุทีละชิ้นในกลุ่มวัตถุ 3 มิติที่เป็นตัวแทนของกิจกรรมก่อสร้าง คัดแยกประเภทของชิ้นส่วนเพื่อพิจารณาข้อกำหนดความปลอดภัยที่เหมาะสมสำหรับชิ้นส่วนแต่ละประเภท โดยโปรแกรมจะวิเคราะห์ตำแหน่งและของชิ้นส่วน จากนั้นจะกำหนดตำแหน่งและสร้างของขอบเขตมาตรการความปลอดภัยตามความสัมพันธ์อย่างถูกต้อง ขอบเขตมาตรการความปลอดภัยเป็นวัตถุ 3 มิติแบบ Surfaces ซึ่งขอบเขตนี้จะถูกสร้างขึ้นในการเรียกโปรแกรมเป็นครั้งแรก ขอบเขตถูกแสดงผลตามเวลาที่ต้องติดตั้งมาตรการความปลอดภัยนี้ เมื่อพ้นเวลาการรื้อถอนมาตรการความปลอดภัยจะแสดงผลด้วยการซ่อนขอบเขตนี้ไว้ การเรียกโปรแกรมครั้งต่อไปก็เพียงแต่แสดงผลขอบเขตนี้อีกครั้งตามเวลาที่ต้องติดตั้ง

การแสดงผลข้อกำหนดความปลอดภัยอย่างถูกต้อง และการทำงานของโปรแกรมอย่างสมบูรณ์แบบได้ ต้องอาศัยการสร้างโมเดลแบบก่อสร้าง 3 มิติที่ถูกต้องแม่นยำด้วยทั้งขนาดและตำแหน่ง รวมทั้งการแบ่งแยกชิ้นวัตถุที่ถูกต้องคือ ชิ้นส่วนต่างชิ้นหรือต่างประเภทต้องมีวัตถุ 3 มิติที่ต่างกันคนละวัตถุ และการกำหนดประเภทของชิ้นส่วนที่ถูกต้อง เช่น ชิ้นส่วนพื้นต้องเขียนด้วยวัตถุ 3 มิติประเภทพื้น เป็นต้น ซึ่งการสร้างโมเดลแบบก่อสร้าง 3 มิติเป็นงานที่ใช้เวลาและความพยายามสูง แต่ด้วยความซับซ้อนจึงอาจมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ นอกจากนี้การเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มวัตถุ 3 มิติกับกิจกรรมก่อสร้างในแผนงานในขั้นตอนการสร้าง 4D CAD model จะต้องถูกต้องเช่นกัน ซึ่งการทำงานกับข้อมูลจำนวนมากและมีความซับซ้อนเช่นนี้ให้ได้ความถูกต้องแม่นยำจะต้องใช้แรงงานที่มีทักษะความเชี่ยวชาญสูง จึงอาจทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่สูงมาก และลดความดึงดูดในการใช้นำเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้จริง

ประการสุดท้าย ขั้นตอนวิธีการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยนี้ ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการวิเคราะห์ชิ้นส่วนของสิ่งก่อสร้างที่เป็นรูปทรงเรขาคณิตพื้นฐานแบบปริซึมมุมฉาก (right prism) เท่านั้น รูปทรง

อื่น ๆเช่น ทรงกลม ทรงกระบอก ทรงสามเหลี่ยม อาจทำให้การคำนวณตำแหน่งผิดพลาด ส่งผลให้ขอบเขตมาตรการความปลอดภัยที่โปรแกรมกำหนดขึ้นไม่ถูกต้อง อย่างไรก็ตามชิ้นส่วนของสิ่งก่อสร้างโดยทั่วไปมักจะเป็นรูปทรงปริซึมมุมฉากสี่เหลี่ยมเกือบทั้งสิ้น ข้อจำกัดนี้จึงอาจไม่กระทบต่อการนำไปใช้มากนัก

7.2 สรุปผลการวิจัย

งานก่อสร้างเป็นงานที่มีความอันตรายสูงและหลากหลายประเภท มีสถิติการเกิดอุบัติภัยของผู้ปฏิบัติงานสูงกว่างานอื่น จึงมีข้อกำหนดด้านความปลอดภัยมากมายทั้งที่เป็นและไม่เป็นกฎหมายควบคุมการปฏิบัติงานอยู่ (โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว) แนวความคิดหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุคือการวางแผนการปฏิบัติงานก่อสร้าง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดความปลอดภัยอย่างเคร่งครัดและถี่ถ้วน

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการ (Methodology) บูรณาการข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างกับเทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ เนื่องด้วยแผนงานก่อสร้าง 4 มิติเป็นเทคนิคการแสดงแผนภาพแบบกราฟฟิคที่ช่วยให้ผู้ก่อสร้างเข้าใจกระบวนการก่อสร้างและรูปร่างของชิ้นงานอย่างแจ่มแจ้ง ดังนั้นการนำข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับกิจกรรมก่อสร้างมาควบรวมไว้กับแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ ช่วยให้ผู้ก่อสร้างรับรู้ขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัยได้อย่างชัดแจ้งและเกิดความตระหนักถึงความสำคัญ ทั้งยังทำให้สามารถวางแผนการทำงานโดยมีงานด้านความปลอดภัยเป็นส่วนหนึ่งที่ต้องทำควบคู่กันไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการที่พัฒนาขึ้นแบ่งออกเป็นสองส่วนหลักคือ การปรับปรุงการแสดงแผนภาพของแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ และการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัยร่วมกับแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ วิธีการปรับปรุงการแสดงแผนภาพช่วยให้เทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติสามารถแสดงข้อมูลที่สำคัญของแผนงานก่อสร้างในรูปแบบกราฟฟิคได้มากขึ้น ทั้งยังช่วยให้เทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติมีความเป็นเอกเทศจากแผนงานก่อสร้างแบบปกติมากขึ้น ส่วนวิธีการแสดงข้อกำหนดความปลอดภัย ช่วยแสดงขอบเขตทั้งขนาดและตำแหน่งของมาตรการความปลอดภัยสำหรับอันตรายของการตกจากที่สูงของชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้างหลัก ตามช่วงเวลาและสถานะความก้าวหน้าของโครงการก่อสร้าง ช่วยทำให้แผนงานก่อสร้าง 4 มิติจำลองสภาพกระบวนการก่อสร้างและกิจกรรมที่ต้องทำได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

การปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัย ผู้บริหารโครงการส่วนใหญ่รู้ข้อกำหนดความปลอดภัยที่ควบคุมการปฏิบัติงาน แต่ยังขาดความตระหนักถึงความสำคัญ การวางแผนงานก่อสร้างควบคู่ไปพร้อมกับการกิจกรรมด้านความปลอดภัยตามข้อกำหนดด้วยเทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติและวิธีการที่พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยนี้สามารถช่วยให้ผู้บริหารโครงการรับรู้และยอมรับการปฏิบัติตามข้อกำหนดได้ดีขึ้น เนื่องจากการวางแผนลำดับการทำงานที่เหมาะสมโดยพิจารณาถึงเงื่อนไขอย่างรอบด้านและถี่ถ้วน สามารถช่วยให้โดยสามารถประหยัดเวลาและต้นทุนค่าแรงงานได้ ซึ่งสามารถทำให้การนำเทคนิควิธีการที่พัฒนาขึ้นไปใช้จริงเกิดความคุ้มค่า อันจะส่งผลลัพธ์คือประโยชน์ต่อทั้งผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานคือ การลดต้นทุนและเวลาโครงการ ช่วยพัฒนาการประสานงานร่วมกันระหว่างผู้ปฏิบัติงานก่อสร้างและเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยของโครงการ ซึ่งจะทำให้การเกิดอุบัติภัยในสถานที่ก่อสร้างลดลงได้

7.3 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีขอบเขตจำกัดอยู่บางประการสำหรับการนำไปใช้งานจริง และอาจเป็นประเด็นสำหรับการวิจัยต่อไปดังนี้

1. การแสดงข้อมูลแผนงานอื่น ๆแบบกราฟฟิคด้วยแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ ข้อมูลแผนงานก่อสร้างอื่น ๆนอกเหนือจากที่งานวิจัยนี้ได้พิจาณาไว้ ได้แก่ เวลาเลื่อน (float time) การจัดสรรทรัพยากร และต้นทุน เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้อาจเป็นประเด็นศึกษาต่อไปในการนำมาแสดงผลด้วยเทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ และเพื่อให้มีประสิทธิภาพดีสอดคล้องกับจุดเด่นของเทคนิค จึงควรแสดงผลด้วยภาพกราฟฟิค

2. การควบรวมเทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติกับข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับความอันตรายประเภทอื่น ๆที่มีตำแหน่งไม่แน่นอนหรือไม่สัมพันธ์กับชิ้นส่วนสิ่งก่อสร้าง ได้แก่ ความอันตรายจากวัสดุก่อสร้าง เครื่องมือ เครื่องจักรกล และความอันตรายจากตัวผู้ปฏิบัติงานเอง ซึ่งวิธีการกำหนดขอบเขตความปลอดภัยสำหรับความอันตรายประเภทเหล่านี้หรือควบรวมกับเทคนิคแผนงานก่อสร้าง 4 มิติ อาจเป็นประเด็นของการศึกษาวิจัยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (2538) มาตรฐานความปลอดภัยสำหรับงานก่อสร้างอาคาร: มาตรฐาน ว.ส.ท. 1003-18, พิมพ์ครั้งที่ 9.

Adjei-Kumi, T. and Retik, A. (1997) A library-based 4D visualization of construction processes, Proceedings of the Information Visualization Conference, Piscataway, NJ, USA. IEEE 315-321.

Akinci, B., Fischer, M., Kunz, J. and Levitt, R. (2002a) Representing work spaces generically in construction method models, Journal of Construction Engineering and Management, 128(4), 296-305.

Akinci, B., Fischer, M. and Kunz, J. (2002b) Automated generation of work spaces required by construction activities, Journal of Construction Engineering and Management 128(4) 306-315.

Akinci, B., Fischer, M., Levitt, R., and Carlson, R. (2002c) Formalization and automation of time-space conflict analysis, Journal of Computing in Civil Engineering, 16(2), 124-134.

Aksorn, T., Hadikusumo, B.H.W. (2008) Critical success factors influencing safety program performance in Thai construction projects. Safety Science 46(4), 709-727.

Baxendale, T. and Jones, O. (2000) Construction design and management safety regulations in practice – progress on implementation, Project Management, 18(1), 33-40.

Cameron, I., Duff, R., Hare, B. (2004) Integrated Gateways: Planning out Health and Safety Risk, Health and Safety Executive Report No. RR 263. Health and Safety Executive, London.

Carter, G. and Smith, S.D. (2006) Safety hazard identification on construction projects, Journal of Construction Engineering and Management, 132(2), 197-205.

Chantawit, D., Hadikusumo, B.H.W., Charoenngam, C. and Rowlinson, S. (2005) 4DCAD-Safety: visualizing project scheduling and safety planning, Construction Innovation 5, 99-114.

Chau, K.W., Anson, M. and Zhang, J.P. (2003) Implementation of visualization as planning and scheduling tool in construction, Building and Environment 38(5) 713-719.

Chau, K.W., Anson, M. and Zhang, J.P. (2005) 4D dynamic construction management and visualization software: 1. Development, Automation in Construction 14, 512-524.

Cheung, S., Cheung, K.W. and Suen, H. C. (2004) CSHM: Web-based safety and health monitoring system for construction management, Journal of Safety Research, 35(2), 159-170.

Cleveland, A.B. (1989) Real-time animation of construction activities, Proceedings of Construction Congress I – Excellence in the Constructed Project, 238-243.

Collier, E. and Fischer, M. (1996) Visual-based scheduling: 4D CAD modeling on the San Mateo County Health Center, Proceedings of the Third Congress on Computing in Civil Engineering, Anaheim, CA. ASCE, 800-805.

Dharwadkar, P.V. and Cleveland Jr., A.B. (1996) Knowledge-based parametric design using JSpace, Proc. of the Third Congress on Computing in Civil Engineering, ASCE, Anaheim, CA, 70–76.

Hadikusumo, B.H.W. and Rowlinson, S. (2002) Integration of virtually real construction model and design-for-safety-process database, Automation in Construction, 11(5), 501-509.

Hadikusumo, B.H.W. and Rowlinson, S. (2004) Capturing safety knowledge using design-for-safety-process tool, Journal of Construction Engineering and Management, 130(2), 281-289.

Heesom, D. and Mahdjoubi, L. (2004) Trends of 4D CAD applications for construction planning, Construction Management and Economics, 22(2), 171-182.

Heinrich, H.W. (1959) Industrial accident prevention: a scientific approach, 4th ed., McGraw-Hill.

Holt, A.J. (2005) Principles of Construction Safety, Backwell Publishing.

Howe, J. (1988) Warning! Behavior-based safety can be hazardous to your health, United Auto Workers (UAW), Health and Safety Department Publication no. 14.

Howell, G.A., Ballard, G., Abdelhamid, T.S. and Mitropoulos, P. (2002) Working near the edge: a new approach to construction safety, Proceedings IGLC 10, August 2002, Gramado, Brazil.

Health and Safety Executive (HSE) (2007) Managing Health and Safety in Construction, Construction (Design and Management) Regulations 2007, Approved Code of Practice, L144. Health and Safety Executive, London.

Hughes, P. and Ferrett, E. (2005) Introduction to Health and Safety in Construction, Elsevier.

International Alliance for Interoperability (IAI) (2003) IFC 2x Edition 2: Model Implementation Guide. IAI, www.iai-international.org, October 2005.

Jongeling, R. and Olofsson, T. (2007) A method for planning of work-flow by combined use of location-based scheduling and 4D CAD, Automation in Construction 16, 189-198.

Kamat, V.R. and Martinez, J.C. (2001) Visualizing simulated construction operations in 3D, Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE 15(4) 329-337.

Kartam, N.A. (1997) Integrating safety and health performance into construction CPM, Journal of Construction Engineering and Management, 123(2), 121-126.

Kartam, N.A., Flood, I. and Koushki, P. (2000) Construction safety in Kuwait: issues, procedures, problems, and recommendations, Safety Science, 36(3), 163-184.

Koo, B. and Fischer, M. (2000) Feasibility study of 4D CAD in commercial construction, Journal of Construction Engineering and Management 126(4) 251-260.

Ma, Z., Shen, Q. and Zhang, J. (2005) Application of 4D for dynamic site layout and management of construction projects, Automation in Construction 14(3) 369-381.

MacCollum, D.V. (2007) Construction Safety Engineering Principles: designing and managing safer job sites, McGrawHill.

McKinney, K., and Fischer, M. (1998) Generating, evaluating and visualizing construction schedules with CAD tools, Automation in Construction 7(6) 433-447.

McKinney, K., Fischer, M. and Kunz, J. (1998) Visualization of construction planning information, Proceedings of Intelligent User Interfaces, San Francisco, CA. ACM, 135-138.

Mckinney, K., Kim, J., Fischer, M. and Howard, C. (1996) Interactive 4D-CAD, Proceedings of the Third Congress on Computing in Civil Engineering, Anaheim, CA. ASCE 383-389.

Navon, R. and Kolton, O. (2006) Model for automated monitoring of fall hazards in building construction, Journal of Construction Engineering and Management, 132(7), 733-740.

Ridley, J. and Channing, J. (2003) Safety at Work, sixth edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.

Riley, D.R. and Sanvido, V.E. (1997) Space planning method for multi-storey building construction, Journal of Construction Engineering and Management 123(2) 464– 473.

Sacks, R., Eastman, C. M. and Lee, G. (2004) Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete, Automation in Construction, 13(3) 291-312.

Saurin, T.A., Formoso, C.T. and Guimaraes, L.B.M. (2004) Safety and production: an integrated planning and control model, Construction Management and Economics 22, 159-169.

Siriruttanapruk, S., Anuntakulnathi, P., (2004) Occupational health and safety situation and research priority in Thailand, Industrial Health 42, 135–140.

Social Security Office (SSO) (2008) Social Security Statistics 2007, Available at: www.sso.go.th, Downloaded in January 2009.

Sriprasert, E. and Dawood, N. (2002) Next generation of construction planning and control system: the LEWIS approach, Proceedings of the 10 th Annual Conference of the International Group of Lean Construction, Gramado, Brazil.

Teo, E.A.L., Ling, F.Y.Y. and Chong, A.F.W. (2005) Framework for project managers to manage construction safety, Project Management 23(4), 329-341.

Wang, W.C., Liu, J.J. and Chou, S.C. (2006) Simulation-based safety evaluation model integrated with network schedule, Automation in Construction, 15(3), 341-354.

Williams, M. (1996) Graphical simulation for project planning: 4D-planner, Proceedings of the Third Congress on Computing in Civil Engineering, Anaheim, CA. ASCE 404-409.

Winch, G.M. and North, S. (2006) Critical space analysis, Journal of Construction Engineering and Management, 132(5), 473-481.

ภาคผนวก

ตัวอย่างแบบสอบถามที่ใช้ในการศึกษาสำรวจ (รายละเอียดในบทที่ 4)

ประเภทที่ 1 แบบประเมินสภาพความปลอดภัยของสถานที่ก่อสร้างตามข้อกำหนด

รายละเอียดทั่วไปของโครงการ

ชื่อโครงการก่อสร้าง_____

ที่ตั้งโครงการ_____

ประเภทสิ่งก่อสร้าง _____ _____ _____ ขนาดโครงการ_____ _____ _____

วันที่ทำการประเมิน_____ชื่อผู้ประเมิน_____

หัวข้อสภาพความปลอดภัย

1. ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล
2. ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน
3. ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับปั่นจั่น
4. ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็น ตก หล่นและการพังทลาย
5. ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง

หลักเกณฑ์การประเมิน

0	หมายถึง ไม่มี	มีค่าเท่ากับ 0 คะแนน
1	หมายถึง มีค่อนข้างน้อย	มีค่าเท่ากับ 1 คะแนน
2	หมายถึง มีปานกลาง	มีค่าเท่ากับ 2 คะแนน
3	หมายถึง มีค่อนข้างมาก	มีค่าเท่ากับ 3 คะแนน
4	หมายถึง มีครบถ้วน	มีค่าเท่ากับ 4 คะแนน

หัวข้อที่ 1 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล

รายการ	ระดับคะแนน					หมายเหตุ
	0	1	2	3	4	
หมวดที่ 1 การใช้เครื่องจักรทั่วไป						
1. คนงานซึ่งทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรสวมใส่หมวก ถุงมือ แว่นตา หน้ากาก เครื่องป้องกันเสียง รองเท้าพื้นยางหุ้มส้น หรือเครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอื่น ๆ ตามสภาพและลักษณะของงาน						
2. คนงานสวมใส่เครื่องนุ่งห่มให้เรียบร้อย รัดกุม ไม่ขาดรุ่งริ่ง						
3. คนงานซึ่งมีผมยาวเกินสมควรและมิได้รวบหรือทำ อย่างหนึ่งอย่างใดให้อยู่ในลักษณะที่ปลอดภัย หรือสวมใส่เครื่องประดับอื่นที่อาจเกี่ยวโยงกับสิ่งหนึ่งสิ่งใดได้เข้าทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร						
4. เครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้า มีสายดินเพื่อป้องกันกระแส ไฟฟ้ารั่ว						
5. เครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้า มีสายไฟฟ้าเข้าเครื่องจักรโดยฝังดิน เดินลงมาจากที่สูง ใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้าให้เรียบร้อย หรือใช้สายไฟฟ้าชนิดที่มีฉนวนหุ้มเป็นพิเศษ						
6. เครื่องจักรสำหรับปั๊มวัตถุโดยใช้เท้าเหยียบต้องมีที่พักเท้า						
7. เครื่องจักรสำหรับปั๊มวัตถุโดยใช้มือป้อน มีเครื่องป้องกันมือให้พ้นจากแม่ปั๊ม และจัดหาเครื่องป้อนวัตถุแทนมือ						
8. เครื่องจักรชนิดอัตโนมัติ ต้องมีสีเครื่องหมายปิด เปิด ที่สวิตช์อัตโนมัติตามหลักสากล และมีเครื่องป้องกันมิให้สิ่งหนึ่งสิ่งใดกระทบสวิตช์ เป็นเหตุให้เครื่องจักรทำงานโดยมิได้ตั้งใจ						
9. เครื่องจักรที่มีการถ่ายทอดพลังงานโดยใช้เพลา สายพานปุลเล ไฟล์วีล ต้องมีตะแกรงเหล็กเหนียวครอบส่วนที่หมุนได้และส่วนส่งถ่ายกำลังให้มิดชิด ถ้าส่วนที่หมุนได้หรือส่วนส่งถ่ายกำลังสูงกว่าสองเมตร ต้องมีตะแกรง หรือรั้วเหล็กเหนียวสูงไม่ต่ำกว่าสองเมตรกั้นล้อมให้มิดชิด						
10. เครื่องจักรที่ใช้เป็นเครื่องลับ ฝน หรือแต่งผิวโลหะ ต้องมีเครื่องปิดบังประกายไฟหรือเศษวัตถุในขณะใช้งาน						
11. ก่อนการติดตั้งหรือซ่อมเครื่องจักร หรือเครื่องป้องกันอันตรายของเครื่องจักร นายจ้างทำ ป้ายปิดประกาศไว้ ณ บริเวณติดตั้งหรือซ่อมแซม และให้แขวนป้ายห้ามเปิดสวิตช์ไว้ที่สวิตช์ด้วย						
12. นายจ้างดูแลให้ลูกจ้างทำ งานเกี่ยวกับเครื่องมือกล ดังต่อไปนี้ 12.1 ทุกวันก่อนนำเครื่องมือกลออกใช้ มีการตรวจดูให้แน่ใจว่าเครื่องมือกลนั้นอยู่ในสภาพใช้การได้ดีและปลอดภัย						
12.2 เครื่องมือกลที่ใช้ขับเคลื่อนต้องมีสภาพที่ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นข้างหลังได้ เว้นแต่จะมีสัญญาณเสียงเตือน หรือมีผู้บอก สัญญาณเมื่อถอยหลัง						
12.3 มีการนำรถยก รถปั้นจั่น หรือเครื่องมือสำหรับยกอื่น ๆ ไปใช้ปฏิบัติงานใกล้สายไฟหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าใกล้กว่า						
13. นายจ้างจัดให้มีทางเดินเข้า ออก จากที่สำหรับปฏิบัติงานเกี่ยวกับเครื่องจักรมี						

ความกว้างไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร						
14. นายจ้างจัดทำ รั้ว คอกกั้น หรือเส้นแสดงเขตอันตราย ณ ที่ตั้งของเครื่องจักร หรือเขตที่เครื่องจักรทำ งานที่อาจเป็นอันตราย ให้ชัดเจนทุกแห่ง						

รายละเอียดสภาพอื่น ๆที่พบ:_____

หัวข้อที่ 2 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างเกี่ยวกับนั่งร้าน

รายการ	ระดับคะแนน					หมายเหตุ
	0	1	2	3	4	
1. หมวดงานก่อสร้าง						
1.1 มีนั่งร้านสำหรับงานก่อสร้าง ในกรณีที่งานก่อสร้างมีความสูงเกิน 2.00 เมตรขึ้นไป						
2. หมวดแบบนั่งร้าน						
2.1 มีการสร้างนั่งร้านที่ไม่ใช้ไม้ผุเปื่อย ไม่มีรอยแตกร้าวหรือชำรุดอื่น ๆ						
2.2 ที่รองรับนั่งร้านมีความมั่นคงแข็งแรง สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ไม่น้อยกว่าสองเท่าของน้ำหนักบรรทุก เช่น ถ้าน้ำหนักบรรทุก 2 ตัน ที่รองรับนั่งร้านต้องรับน้ำหนักได้ 4 ตัน						
2.3 โครงนั่งร้านมีการยึดโยงค้ำยันหรือตรึงกับพื้นดินหรือส่วนของงานก่อสร้าง เพื่อป้องกันมิให้เซหรือล้ม						
2.4 มีราวกันตกกั้นวัสดุหล่น จากพื้นนั่งร้านตลอดแนวยาวด้านนอกของพื้นนั่งร้าน นอกจากเฉพาะช่วงที่จำเป็นเพื่อขนถ่ายสิ่งของ ยกเว้นนั่งร้านเสาเรียงเดี่ยว						
2.5 มีการปูพื้นนั่งร้านติดต่อกันยึดกับตงให้แน่น (ยกเว้นนั่งร้านเสาเรียงเดี่ยว)						
2.6 มีบันไดภายในของนั่งร้าน โดยใช้ไม้หรือโลหะ (ยกเว้นนั่งร้านเสาเรียงเดี่ยว)						
3. หมวดการใช้นั่งร้าน						
3.1 มีนั่งร้านส่วนใดส่วนหนึ่งชำรุด หรือน่าจะเป็น อันตรายต่อการใช้งาน ได้มีการซ่อมแซมส่วนนั้นทันทีและห้ามมิให้ทำงานบนนั่งร้านส่วนนั้นจนกว่าจะซ่อมแซม						
3.2 ขณะมีพายุ ฝนตก ฟ้าร้อง ได้มีการห้ามมิให้ทำงาน บน นั่งร้าน						
3.3 ในกรณีที่มีการทำงานแบบนั่งร้านหลาย ๆชั้นพร้อมกัน จัด ให้มีสิ่งป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่ทำงานอยู่ชั้นล่าง						
4. หมวดการคุ้มครองความปลอดภัย						
4.1 ในส่วนของนั่งร้านที่ทำงานเกี่ยวกับงานโครงสร้าง งานทาสีมีการสวมหมวกแข็ง ถุงมือผ้าหรือหนังและรองเท้าชนิดหุ้มส้นพื้นยาง						
4.2 งานประปามีการสวมหมวกแข็ง ถุงมือผ้าหรือหนังและรองเท้าชนิดหุ้มส้นพื้นยาง						
4.3 งานช่างกระจก มีการสวมหมวกแข็ง ถุงมือผ้าหรือ หนัง และรองเท้าชนิดหุ้มส้นพื้นยาง						
4.4 งานช่างไม้ มีการสวมหมวกแข็ง และรองเท้าชนิดหุ้มส้นพื้นยาง						
4.5 งานช่างเหล็ก มีการสวมหมวกแข็ง ถุงมือผ้า และรองเท้าชนิดหุ้มส้นพื้นยาง						
4.6 งานผสมปูนซีเมนต์ มีการสวมหมวกแข็ง ถุงมือยางหรือถุงมือที่ทำด้วยวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน และรองเท้าชนิดหุ้มแข้ง						
4.7 งานก่ออิฐ ฉาบปูน มีการสวมหมวกแข็ง ถุงมือยางหรือถุงมือที่ทำด้วยวัสดุอื่น						

ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน และรองเท้าชนิดหุ้มส้นพื้นยาง						
4.8 ในที่สูงเกิน 4 ม. ซึ่งมีลักษณะโดดเดี่ยวและไม่มีอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัย หรือการป้องกันอันตรายอย่างอื่น มีการให้สวมเข็มขัดนิรภัยและเชือกนิรภัย ตลอดเวลาในการทำงาน						
5. หมวดมาตรฐานเกี่ยวกับอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัย						
5.1 อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัย ประเภทหมวกแข็ง ต้อง เป็นรูปโดมชั้นเดียว ไม่มีตะเข็บ ไม่มีรูทะลุ ตัวหมวกทำ ด้วยวัตถุที่ไม่ใช่โลหะหรือมีส่วนที่เป็นโลหะ						
5.2 ถุงมือมีความเหนียว ไม่ฉีกขาดง่าย มีความยาวหุ้มถึงข้อมือ และเป็นชนิดที่สวม นิ้วมือได้ทุกนิ้ว เมื่อสวมแล้วสามารถเคลื่อนไหวนิ้วมือได้สะดวก ถ้าเป็นถุงมือยางต้องสามารถกั้นน้ำและกรดหรือด่างได้ด้วย						
5.3 รองเท้าชนิดหุ้มส้นพื้นยาง ทำด้วยหนังหรือผ้าหุ้มเท้าตลอดและมีพื้นรองเท้าเป็นยางสามารถป้องกันการลื่นได้						
5.4 เข็มขัดนิรภัยต้องทำด้วยหนัง ด้ายหรือใยไนล่อน หรือวัสดุ อื่นที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน						

รายละเอียดสภาพอื่น ๆที่พบ: _____

_____

_____

_____

_____

_____

หัวข้อที่ 3 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างเกี่ยวกับปั้นจั่น

รายการ	ระดับคะแนน					หมายเหตุ
	0	1	2	3	4	
1. ปั้นจั่นที่มีความสูงเกิน 3.00เมตร นายจ้างได้จัดให้มีบันไดพร้อมราวจับและโครงโลหะให้แก่ลูกจ้างที่ทำงาน						
2. มีการจัดให้ทำเครื่องหมายแสดง"เขตอันตราย"หรือเครื่องหมายกั้นเขตอันตรายในรัศมีส่วนรอบของปั้นจั่นที่หมุนกวาดระหว่างทำงาน						
3. มีการติดตั้งเครื่องดับเพลิงชนิดที่เหมาะสมไว้ในห้องบังคับปั้นจั่น						
4. ถ้ามีสารไวไฟอยู่ในบริเวณปั้นจั่น ต้องนำสารไวไฟออกจากบริเวณปั้นจั่นก่อนปฏิบัติงาน						
5. ในขณะปั้นจั่นเคลื่อนที่ต้องมีสัญญาณเสียงและเสียงวับวาบเตือน						
6. มีเครื่องกวาดสิ่งของหน้าล้อทั้งสองข้างของปั้นจั่น						
7. ถ้ามีลูกจ้างปฏิบัติงานบนแขนปั้นจั่น จะต้องจัดให้มีราวกันตกไว้ ณ บริเวณที่ปฏิบัติงาน						
8. มีการจัดให้ลูกจ้างสวมใส่เข็มขัดนิรภัย						
9. มีการจัดให้ลูกจ้างใส่สายชูชีพตลอดเวลาที่มีการปฏิบัติงาน						
10. มีการห้ามยกสิ่งของหรือยกเบนสิ่งของข้ามศีรษะบุคคลใด ๆและห้ามบุคคลใด ๆ เดินลอดผ่านใต้สิ่งของที่ยกลอยตัว						
11. ในขณะปั้นจั่นทำงานหรือไม่ได้ใช้งานจะต้องวางคันยกลงแนวราบ หรือผูกยึดเอาไว้เพื่อป้องกันแรงลม ซึ่งอาจทำให้คันยกแกว่งหรือหมุน						
12. มีการจัดให้ผู้มีความรู้เป็นผู้ควบคุมทำหน้าที่ควบคุมการใช้ปั้นจั่น						

รายละเอียดสภาพอื่น ๆที่พบ:_____

หัวข้อที่ 4 ความปลอดภัยในการทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็น ตกหล่นและการพังทลาย

รายการ	ระดับคะแนน					หมายเหตุ
	0	1	2	3	4	
1 ข้อกำหนดทั่วไปเพื่อการป้องกันการตกจากที่สูง						
1.1 ในกรณีที่ลูกจ้างทำงานสูงจากพื้นที่ที่ปฏิบัติงานเกินสองเมตรขึ้นไป เช่น บนหลังคา บนขอบระเบียงด้านนอก นายจ้างจัดให้มีนั่งร้านป้องกันการตกหล่น						
1.2 ในกรณีที่ลูกจ้างทำงานในลักษณะโดดเดี่ยวที่สูงเกินสี่เมตรขึ้นไป เช่น บนหลังคา หรือบนขอบระเบียงด้านนอก นายจ้างจัดทำราวกันตกหรือตาข่ายนิรภัย หรือจัดให้มีเข็มขัดนิรภัยและสายช่วยชีวิต หรืออุปกรณ์ป้องกันอื่นใดที่มีลักษณะคล้ายกัน ตลอดระยะเวลาที่มีการทำงาน						
1.3 ช่องเปิดหรือปล่องต่าง ๆ ในบริเวณก่อสร้างมีการจัดทำฝาปิดหรือรั้วกั้นที่มีความสูงไม่น้อยกว่าเก้าสิบเซนติเมตร						
2 การป้องกันอันตรายจากการตกลงไปในภาชนะเก็บหรือรองรับวัสดุ						
2.1 นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานบนหรือในถัง บ่อหรือกรวยสำหรับ เทวัสดุหรือภาชนะอื่น ๆ						
2.2 ในกรณีที่นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานตามข้อ 4 นายจ้างได้จัดให้ลูกจ้างสวมใส่เข็มขัดนิรภัยหรือสิ่งปิดกั้น หรือทำรั้วหรือ อุปกรณ์ป้องกันอื่นใดที่มีลักษณะคล้ายกัน						
2.3 นายจ้างปิดกั้นหรือจัดทำรั้วที่แข็งแรงมีความสูงไม่น้อยกว่า 90 cm. ล้อมรอบภาชนะบรรจุของร้อน กรวย ภาชนะหรือสิ่งอื่นใดที่มีลักษณะคล้ายกันเพื่อป้องกันการตกหล่นของลูกจ้าง						
3 การป้องกันการตกหล่นจากที่ลาด						
3.1 ในกรณีที่ลูกจ้างทำงานบนที่ลาดชัน นายจ้างจัดให้มีนั่งร้าน เข็มขัดนิรภัยและสายช่วยชีวิต หรืออุปกรณ์อื่นใดที่มี ลักษณะคล้ายกัน สำหรับลูกจ้างใช้ในการปฏิบัติงาน						
4 การป้องกันอันตรายจากการพังทลาย วัสดุกระเด็น ตกหล่น						
4.1 นายจ้างป้องกันการกระเด็น ตกหล่นของวัสดุโดยใช้แผ่นกั้น ผ้าใบหรือตาข่ายปิดกั้นหรือรองรับในกรณีที่มีการลำเลียงวัสดุจากที่สูง นายจ้างต้องจัดทำรางปล่อง หรือใช้เครื่องมือลำเลียงลงจากที่สูง						
4.2 นายจ้างปิดประกาศแสดงเขตที่มีการเหวี่ยง สาด เททิ้งหรือโยนวัสดุจากที่สูงและมีผู้ควบคุมดูแลมิให้มีการเข้าออกขณะปฏิบัติงานจนกว่างานจะแล้วเสร็จ						
4.3 ในกรณีที่นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานใกล้สถานที่ก่อสร้างที่มีความสูงหรือสถานที่ที่อาจมีการปลิวหรือตกหล่นของวัสดุ รวมทั้งการให้ทำงานที่อาจมีวัสดุกระเด็นตกหล่นลงมา เช่น งานต่อเรือ งานเจาะ งานสกัด งานรื้อถอนทำลาย ต้องจัดหมวกแข็งป้องกันศีรษะให้ลูกจ้างใช้ตลอดเวลาการทำงาน						

รายละเอียดสภาพอื่น ๆที่พบ:_____

_____

_____

_____

_____

_____

หัวข้อที่ 5 ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง

รายการ	ระดับคะแนน					หมายเหตุ
	0	1	2	3	4	
1. จัดทำรั้วหรือคอกกั้นและปิดประกาศแสดงเขตก่อสร้างในบริเวณที่ดำ เนินการก่อสร้าง						
2. กำหนดเขตอันตรายในงานก่อสร้าง โดยจัดให้มีรั้วหรือคอกกั้น หรือแผงกั้นกันของตกและเขียนป้ายแจ้ง “เขตอันตราย” ปิดประกาศให้ชัดเจนในเวลากลางคืนให้มีสัญญาณไฟสีแดงแสดงตลอดเวลาด้วย						
3. ห้ามปล่อยปละละเลยให้ลูกจ้างผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปในเขตอันตรายนั้น						
4. ปิดประกาศห้ามลูกจ้างและไม่ยินยอมให้ลูกจ้างเข้าพักอาศัยในอาคารที่กำลังก่อสร้าง						
5. ห้ามลูกจ้างเข้าไปในอาคารที่กำลังก่อสร้าง หรือเขตก่อสร้างนอกเวลาทำงานโดยมิได้รับมอบหมายหรือได้รับอนุญาตจากนายจ้าง						

รายละเอียดสภาพอื่น ๆที่พบ:_____

_____

_____

_____

_____

_____

ประเภทที่ 2 แบบประเมินตนเองในด้านความปลอดภัยของสถานที่ก่อสร้างสำหรับผู้บริหารโครงการ

รายละเอียดทั่วไปของผู้กรอกแบบประเมิน

ชื่อโครงการก่อสร้าง_____

ที่ตั้งโครงการ_____

ประเภทสิ่งก่อสร้าง_____ขนาดโครงการ_____

ตำแหน่งงาน_____อายุ_____

ประสบการณ์ในตำแหน่งงาน (ปี) _____

วันที่ทำการประเมิน_____

หลักเกณฑ์การประเมิน

0	หมายถึง ไม่มี	มีค่าเท่ากับ 0 คะแนน
1	หมายถึง มีค่อนข้างน้อย	มีค่าเท่ากับ 1 คะแนน
2	หมายถึง มีปานกลาง	มีค่าเท่ากับ 2 คะแนน
3	หมายถึง มีค่อนข้างมาก	มีค่าเท่ากับ 3 คะแนน
4	หมายถึง มีครบถ้วน	มีค่าเท่ากับ 4 คะแนน

แบบประเมินตนเองในด้านความปลอดภัยของสถานที่ก่อสร้างสำหรับผู้บริหารโครงการ

ข้อ 1 โครงการของท่านมีการจัดทำแผนความปลอดภัยที่ครอบคลุม

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4

ข้อ 2 โครงการของท่านสามารถควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามแผนความปลอดภัย

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4

ข้อ 3 โครงการของท่านสามารถควบคุมไม่ให้อุบัติเหตุเกิดขึ้นได้

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4

ข้อ 4 คนงานในโครงการของท่านมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้าง

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4

ข้อ 5 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในโครงการของท่านมีความสามารถและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4

ข้อ 6 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยได้รับความร่วมมือและเชื่อถือจากผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องอย่างดี

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4

ข้อ 7 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในโครงการของท่านมีส่วนสำคัญที่ทำให้สถิติการเกิดอุบัติเหตุลดลง

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4

ข้อ 8 การบริหารความปลอดภัยในโครงการก่อสร้างของท่าน ช่วยให้การทำงานมีความปลอดภัยเพิ่มขึ้น

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อสกุล : ดร. วชรภูมิ เบญจโอฬาร (Dr. Vacharapoom Benjaoran)

ตำแหน่ง : อาจารย์

ที่อยู่หน่วยงานที่ติดต่อได้ : สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย
อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 044-224172, โทรสาร 044-224607
E-mail: vacharapoom@sut.ac.th

ประวัติการศึกษา :

2005 – Doctor of Philosophy in Construction Management and IT,
School of Science and Technology, University of Teesside, Middlesbrough, UK.
2002 – Master of Engineering in Construction Engineering and Management,
School of Civil Engineering, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
1997 – Bachelor of Engineering in Civil Engineering Program,
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

รางวัล :

2002 – Research Studentship to pursue PhD in Construction Management and IT at School of Science and Technology, University of Teesside, UK.
2002 – Mahesh Varma Prize awarded for the most outstanding academic performance among graduating master's students in Construction Engineering and Management Program.
2000 – AIT-STAR Foundation full scholarship to pursue Master's Degree at School of Civil Engineering, Asian Institute of Technology, Thailand.
1997 – Second Honour, Civil Engineering Program, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Thailand.

ประสบการณ์ทำงาน :

2007 to present Full-time lecturer, School of Civil Engineering, Institute of

Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand.
2005 – 2007 Full-time lecturer, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand.
2002 – 2005 Research Assistant, Centre for Construction Innovation and Research (CCIR), University of Teesside, Middlesbrough, UK.
1997 – 2000 Civil Engineer, Italian-Thai Development Public Company Limited, Bangkok, Thailand.

หัวข้อวิจัยที่สนใจ :

- การบริหารงานก่อสร้าง (Construction Engineering and Management)
- Artificial intelligence, optimization, simulation, visualization and process modeling;
- Information and communication technology for construction industry;
- Product data model and interoperability in construction projects;
- Safety conditions in construction processes;
- Cost control.

ผลงานทางวิชาการ :

Benjaoran, V. (2009) "A cost control system development: A collaborative approach for small and medium-sized contractors." International Journal of Project Management, 27(3) 270-277.

Benjaoran, V. (2008) "A development of a cost control system for small and medium-sized contractors." Suranaree Journal of Science and Technology, 15(1), 1-11.

Benjaoran, V. and Dawood, N. (2006) "An intelligence approach to production planning system for bespoke precast concrete products." Automation in Construction, 15(6), 737-745.

Benjaoran, V. and Dawood, N. (2006) "Integration of 4D Visualization Plans with Construction Safety Requirements" Journal of Research in Engineering and Technology, 3(2), 95-106 (A Publication of Faculty of Engineering, Kasetsart University, Thailand).

Benjaoran, V., Dawood, N. and Hobbs, B. (2005) "Flowshop scheduling model for bespoke precast concrete production planning." Construction Management and Economics, 23(1), 93-105.

วชรภูมิ เบญจโอพาร (2008) เอกสารประกอบการสอนรายวิชาการบริหารงานก่อสร้าง (Construction Management), พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 180 หน้า