บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

จากข้อมูลที่ได้มาจำนวนทั้งสิ้น 45 โครงการ เมื่อพิจารณาอย่างถี่ถ้วนแล้วจะพบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างการก่อสร้างของแต่ละโครงการ ทั้งนี้โดยดูจากเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างเมื่อเทียบกับขนาดโครงการ เช่น โครงการขนาด 16,000 ตร.ม. กับโครงการขนาด 42,000 ตร.ม. ซึ่งมีความแตกต่างกันทางด้านขนาดของโครงการ แต่ใช้ระยะเวลาก่อสร้าง 20 เดือนเท่ากัน เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้ผลการวิเคราะห์ตรงตามข้อกำหนดในการวิจัยในบทที่ 1 ที่กำหนดว่าผู้รับเหมาแต่ละรายมีศักยภาพเท่าเทียมกันและไม่มีความแตกต่างในด้านการดำเนินการก่อสร้างเป็นจริงนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องแบ่งกลุ่มโครงการออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มโครงการขนาดกลางและกลุ่มโครงการขนาดใหญ่ (ผู้รับเหมาในกลุ่มโครงการขนาดกลางมีศักยภาพเท่าเทียมกันทุกโครงการและในกลุ่มของโครงการขนาดใหญ่ก็เช่นเดียวกัน) ทั้งนี้พิจารณาจากอัตราการก่อสร้างซึ่งวัดจากขนาดโครงการเทียบกับระยะเวลาในการก่อสร้าง โดยจะใช้พื้นที่ใช้สอยรวมหารด้วยเวลาก่อสร้างของทั้งโครงการ ผลที่ได้เป็นอัตราการก่อสร้างมีหน่วยเป็นตารางเมตรต่อเดือน ในที่นี้สามารถแสดงรายละเอียดของแต่ละกลุ่มโครงการได้ดังนี้

กลุ่มที่หนึ่ง เป็นกลุ่มของโครงการขนาดกลาง มีข้อมูลจำนวน 24 ชุด ดูได้จากตารางที่ 4.1 ซึ่งเป็นข้อมูลรายละเอียดของโครงการ และตารางที่ 4.2 เป็นระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง ข้อมูลที่ได้เป็นโครงการที่มีความสูงของชั้นตั้งแต่ 4 - 18 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยรวมตั้งแต่ 3,575 - 26,184 ตารางเมตร และมีอัตราการก่อสร้างอยู่ระหว่าง 298 - 1,091 ตารางเมตรต่อเดือน (ดูได้จากตารางที่ 4.5)

กลุ่มที่สอง เป็นกลุ่มโครงการขนาดใหญ่ มีข้อมูลจำนวน 21 ชุด ดูได้จากตารางที่ 4.3 ซึ่งเป็นข้อมูลรายละเอียดของโครงการ และตารางที่ 4.4 เป็นระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง ข้อมูลที่ได้เป็นโครงการที่มีความสูงของชั้นตั้งแต่ 12 - 46 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยรวมตั้งแต่ 30,265 - 102,920 ตารางเมตร และมีอัตราการก่อสร้างอยู่ระหว่าง 1,372 - 4,119 ตารางเมตรต่อเดือน (ดูได้จากตารางที่ 4.5)

เมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดจากข้อมูลที่ได้มาของทั้งสองกลุ่ม ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ตั้งขึ้น พบว่ามีตัวแปรอิสระบางตัวสามารถตัดทิ้งได้ ทั้งนี้เนื่องจากทุกโครงการมีเหมือนกันหมดคือ ตัวแปรอิสระระบบผนังภายใน (INWALL) จะใช้ผนังภายในเป็นประเภทเดียวกันหมดคือ ผนังก่ออิฐฉาบปูน ดังนั้นจึงตัดตัวแปรอิสระส่วนนี้ออก โดยไม่นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์สมการถดถอย

นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาในการก่อสร้างจริงของงานโครงสร้างใต้ดิน (SUB) สำหรับโครงการที่มีขนาดใหญ่จะแยกระหว่างการรับเหมาการก่อสร้างตัวอาคารและส่วนของงานเข็มและผนังกันดิน ซึ่งกล่าวโดยรวมก็คือมีผู้รับเหมางานเข็มและผนังกันดินรายหนึ่งและผู้รับเหมาก่อสร้างอาคารอีกรายหนึ่ง ส่วนการเก็บข้อมูลได้เก็บจากผู้รับเหมาก่อสร้างอาคารซึ่งจะไม่มีข้อมูลของระยะเวลาเข็มและผนังกันดิน ดังนั้นระยะเวลาของงานโครงสร้างใต้ดิน (Substructure Work) ของโครงการขนาดใหญ่จะไม่มีงานเข็มและระบบผนังกันดินประเภทไดอะแฟรมวอลล์ (Diaphragm Wall) หรือซีแคนท์วอลล์ (Secant Wall) รวมอยู่ด้วย ดังนั้นการวิเคราะห์งานโครงสร้างใต้ดินของโครงการขนาดใหญ่จะไม่นำตัวแปรอิสระประเภทฐานราก (TYPFOOT) มาพิจารณาในการวิเคราะห์หาสมการถดถอย

4.2 การวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มข้อมูล

4.2.1 การวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มตามขนาดโครงการ

จากข้อมูลที่รวบรวมมาได้ทั้งหมด เมื่อได้พิจารณาแยกข้อมูลตามขนาดของโครงการก่อสร้างออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มโครงการขนาดกลางและกลุ่มโครงการขนาดใหญ่ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบว่า การแบ่งกลุ่มของโครงการที่ทำขึ้นมานั้นมีความถูกต้องหรือไม่เพียงไรในการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่นิยมกันคือ การวัดค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Different Mean) ในที่นี้จะใช้ t-test ในการทดสอบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ได้ผลดังนี้คือ

กลุ่มโครงการขนาดกลางจะมีอัตราการก่อสร้างอยู่ระหว่าง 298 ตารางเมตรต่อเดือนถึง 1,091 ตารางเมตรต่อเดือน มีค่าเฉลี่ยของอัตราการก่อสร้าง 635.41 ตารางเมตรต่อเดือน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 229.98 ตารางเมตรต่อเดือน

กลุ่มของโครงการขนาดใหญ่จะมีค่าอัตราการก่อสร้างอยู่ระหว่าง 1,372 ตารางเมตรต่อเดือนถึง 4,119 ตารางเมตรต่อเดือน มีค่าเฉลี่ยของอัตราการก่อสร้าง 2,389.90 ตารางเมตรต่อเดือน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลเป็น 733.26 ตารางเมตรต่อเดือน

I16998212

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างโดยใช้ t-test แบบสองหาง (2-tail) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะได้ค่าแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการก่อสร้างเป็น -1,754.48 และค่า t = -11.13 ซึ่งตกอยู่นอกช่วงของ $t_{0.025, 43}$ = -2.021 และ +2.021 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มตัวอย่างมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จะแบ่งกลุ่มของโครงการเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มของโครงการขนาดกลางและกลุ่มของโครงการขนาดใหญ่

4.2.2 การวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มตามประเภทของอาคาร

เมื่อทำการวิเคราะห์แบ่งกลุ่มตามขนาดของโครงการแล้ว จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบว่าประเภทของอาคารมีผลต่อระยะเวลาการก่อสร้างด้วยหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อที่จะได้สร้างสมการที่จะใช้ในการประมาณการได้อย่างเหมาะสมและเข้ากับสภาพความเป็นจริง ดังนั้นจึงทำการทดสอบว่าประเภทของอาคารซึ่งในที่นี้มีสองกลุ่มคือ อาคารสำนักงานและอาคารที่พักอาศัย จะมีอัตราการก่อสร้างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มตามประเภทอาคารของกลุ่มโครงการขนาดกลาง และตารางที่ 4.8 เป็นการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มตามประเภทของอาคารของกลุ่มโครงการขนาดใหญ่

จากการวิเคราะห์ผลการแบ่งกลุ่มตามประเภทอาคารของโครงการขนาดกลาง พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการก่อสร้างของอาคารสำนักงานมีค่าเท่ากับ 770.33 ตารางเมตรต่อเดือน และค่าเฉลี่ยอัตราการก่อสร้างของอาคารที่พักอาศัยมีค่าเท่ากับ 590.44 ตารางเมตรต่อเดือน มีค่าแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็น 179.89 ตารางเมตรต่อเดือน เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างโดยใช้ t-test แบบสองหาง (2-tail) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ค่า t = 1.73 ซึ่งตกอยู่ในช่วงของ $t_{0.025, 22}$ = -2.074 และ +2.074 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าความแตกต่างของประเภทอาคารไม่มีผลต่ออัตราการก่อสร้างของกลุ่มโครงการขนาดกลาง ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จะสร้างสมการเพียงชุดเดียวสำหรับประมาณระยะเวลาการก่อสร้างของอาคารสำนักงานและอาคารที่พักอาศัยสำหรับกลุ่มโครงการขนาดกลาง

สำหรับผลการแบ่งกลุ่มประเภทอาคารของกลุ่มโครงการขนาดใหญ่ก็เช่นกัน พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการก่อสร้างของอาคารสำนักงานมีค่าเท่ากับ 2,383.50 ตารางเมตรต่อเดือน และค่าเฉลี่ยอัตราการก่อสร้างของอาคารที่พักอาศัยมีค่าเท่ากับ 2,462.44 ตารางเมตรต่อเดือน มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็น -78.94 ตารางเมตรต่อเดือน เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างโดยใช้ t-test แบบสองหางที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ค่า t = -0.22 ซึ่งตกอยู่ในช่วงของ $t_{0.025, 15}$ = -2.131 และ +2.131 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าความแตกต่างของประเภทอาคารไม่มีผลต่ออัตราการก่อสร้างของกลุ่มโครงการขนาดใหญ่

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จะสร้างสมการเพียงชุดเดียวสำหรับประมาณระยะเวลาการก่อสร้างของอาคารสำนักงานและอาคารที่พักอาศัยสำหรับกลุ่มโครงการขนาดใหญ่

จากผลการวิเคราะห์การแบ่งประเภทอาคารของทั้ง 2 กลุ่ม สามารถสรุปได้ว่าประเภทของอาคารไม่มีผลต่ออัตราการก่อสร้าง ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จะสร้างสมการเพียงสองชุดเท่านั้น คือ ชุดแรกเป็นสมการสำหรับประมาณระยะเวลาก่อสร้างสำหรับโครงการขนาดกลาง และชุดที่สองเป็นสมการสำหรับประมาณระยะเวลาก่อสร้างสำหรับโครงการขนาดใหญ่

4.3 <u>การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์</u>

จากข้อมูลที่ได้ เมื่อนำมาวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระโดยวิธี Pearson Product-Moment Correlation Coefficient ซึ่งจะทำการจับคู่ตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระแบบตัวต่อตัวเป็นคู่ๆ ไป ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.10 สำหรับโครงการขนาดกลาง และตารางที่ 4.12 สำหรับโครงการขนาดใหญ่

จากตารางที่ 4.10 ซึ่งเป็นการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของโครงการขนาดกลางสามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ตัวแปร SUB จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปร DEPTH, DSTORY, EXCAVOL สูง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และสัมพันธ์กับตัวแปร GFLOOR, DGFA, TRAFFIC ค่อนข้างสูง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และสัมพันธ์กับตัวแปร ACCESS, TYPFOOT ค่อนข้างต่ำ ที่ระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05

ตัวแปร SUPER จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปร BUILDVOL, HGFA สูง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และสัมพันธ์กับตัวแปร HIGHT, AVGFLOOR, HSTORY, GFLOOR ปานกลาง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และสัมพันธ์กับตัวแปร TYPFLOOR ต่ำ ที่ระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05

ตัวแปร FINISH จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปร BUILDVOL, GFA, SURFACE สูง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และสัมพันธ์กับตัวแปร FINVOL, AVGFLOOR, HIGHT ค่อนข้างสูง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และสัมพันธ์กับตัวแปร HSTORY ปานกลางที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสัมพันธ์กับตัวแปร EXWALL, FHIGHT, TYPFLOOR ต่ำ ที่ระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05

ตัวแปร SYSTEM จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปร BUILDVOL, SURFACE, FINVOL, GFA สูง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และสัมพันธ์กับตัวแปร AVGFLOOR, HIGHT, HSTORY, DSTORY ค่อนข้างสูง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และสัมพันธ์กับตัวแปร FHIGHT, SYSVOL ต่ำ ที่ระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05

จากตารางที่ 4.12 ซึ่งเป็นการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของโครงการขนาดใหญ่สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ตัวแปร SUB จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปร DEPTH, DSTORY, EXCAVOL ค่อนข้างสูง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และสัมพันธ์กับตัวแปร GFLOOR, DGFA ปานกลาง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสัมพันธ์กับตัวแปร TRAFFIC, TYPFOOT ,ACCESS ต่ำ ที่ระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05

ตัวแปร SUPER จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปร BUILDVOL, HGFA, HSTORY ค่อนข้างสูง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และสัมพันธ์กับตัวแปร HIGHT ปานกลาง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสัมพันธ์กับตัวแปร AVGFLOOR, GFLOOR, TYPFLOOR ค่อนข้างต่ำ ที่ระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05

ตัวแปร FINISH จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปร GFA, BUILDVOL, SURFACE ค่อนข้างสูง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และสัมพันธ์กับตัวแปร HSTORY ปานกลาง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสัมพันธ์กับตัวแปร AVGFLOOR, HIGHT, EXWALL, FHIGHT, FINVOL, TYPFLOOR ค่อนข้างต่ำ ที่ระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05

ตัวแปร SYSTEM จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปร BUILDVOL, SURFACE ค่อนข้างสูง ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 และสัมพันธ์กับตัวแปร GFA ปานกลาง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสัมพันธ์กับตัวแปร AVGFLOOR, HIGHT, DSTORY, FHIGHT, FINVOL, HSTORY, SYSVOL ค่อนข้างต่ำ ที่ระดับนัยสำคัญที่มากกว่า 0.05

จากผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังที่กล่าวมา พบว่าตัวแปรอิสระที่กำหนดบางตัวมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ซึ่งเป็นการพิสูจน์ให้เห็นว่า ระยะเวลาของการก่อสร้างของงานหนึ่งๆ มีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่สามารถวัดได้และสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับงานนั้นๆ จริง หรือสามารถกล่าวได้ว่า ตัวแปรอิสระที่ตั้งขึ้นบางตัวมีความสัมพันธ์และสามารถนำไปใช้อธิบายระยะเวลาก่อสร้างของงานนั้นๆ ได้จริง

4.4 การวิเคราะห์หาสมการถดถอย

4.4.1 การวิเคราะห์หาสมการถดถอยสำหรับโครงการขนาดกลาง

ในการวิเคราะห์หาสมการถดถอยที่เหมาะสมกับโครงการขนาดกลาง ซึ่งวิเคราะห์เป็นแบบสมการเส้นตรงเชิงซ้อน (Multiple Linear Regression) นั้น จะใช้ข้อมูลจากตารางข้อมูลที่ 4.1 ลักษณะของโครงการเป็นตัวแปรอิสระ และข้อมูลจากตารางที่ 4.2 ระยะเวลาก่อสร้างเป็นตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลจะเริ่มจากการหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 4.9 และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของตัวแปรตามเมื่อเทียบกับตัวแปรอิสระที่เกี่ยวข้องแบบตัวต่อตัว ได้ค่าดังตารางที่ 4.10 เมื่อทราบว่าตัวแปรตามที่ต้องการประมาณการมีความสัมพันธ์กับตัวแปรใดแล้ว ก็จะนำตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่เป็นผลไปใส่ในสมการถดถอยแล้วใช้วิธี Backward Elimination ถอดตัวแปรที่มีความสำคัญน้อยๆ ออกจนกว่าจะเหลือตัวแปรที่เหมาะสมที่จะใช้ในการประมาณการ

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงซ้อนของกลุ่มโครงการขนาดกลางแสดงในตารางที่ 4.13 ถึงตารางที่ 4.19 ซึ่งอธิบายวิธีการวิเคราะห์ได้ดังนี้ จากตารางที่ 4.13 จะเป็นการประมาณค่าสมการถดถอยของตัวแปรตามระยะเวลาก่อสร้างทั้งโครงการ (DURATION) ซึ่งเลือกตัวแปรอิสระที่มีผลต่อระยะเวลาของโครงการจำนวน 14 ตัวแปร และเมื่อวิเคราะห์ผลพบว่า ค่า R Square มีค่าเท่ากับ 0.96537 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระมีผลต่อตัวแปรตามค่อนข้างสูง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.78589 และเมื่อทดสอบสมุติฐานของกลุ่มข้อมูล ที่ว่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่าเท่ากับศูนย์หรือไม่โดยใช้ F-test นั้น พบว่าค่า F ของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 100.34807 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05,5,18} = 9.62$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีตัวแปรอิสระบางตัวที่อยู่ในสมการถดถอยเชิงซ้อนสามารถอธิบายค่าตัวแปรตามได้จริงอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

เมื่อวิเคราะห์ผลต่อไปอีกโดยวิธี Backward Elimination ดังที่กล่าวข้างต้น เพื่อคัดเลือกเอาแต่ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์สูงๆ ไว้ในสมการ โดยการถอดตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ต่ำกว่าออก พบว่ามีตัวแปรที่เหลืออยู่ในสมการถดถอยเพียง 5 ตัวแปร คือ EXCAVOL, EXWALL, FHIGHT, GFA, HSTORY ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์เป็น -3.11146E-04, -1.070846, 2.024813, 4.32411E-04, 0.358905 ตามลำดับ มีค่าคงที่ซึ่งเป็นตัวปรับแก้ของสมการเท่ากับ 3.748475 และเมื่อทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ของตัวแปรอิสระทั้ง 5 โดยใช้ t-test พบว่าค่า Sig T ของตัวแปรอิสระทั้ง 5 ให้ค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งอธิบายได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ของสมการทั้ง 5 มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ นั่นคือตัวแปรทั้ง 5 มีความสัมพันธ์และสามารถอธิบายตัวแปรตามได้จริง จากผลดังกล่าวข้างต้นสามารถเขียนเป็นสมการถดถอยได้ดังนี้

DURATION = 2.024813FHIGHT + 0.000432411GFA + 0.358905HSTORY
- 0.000311146EXCAVOL - 1.070846EXWALL + 3.748475

Mean(Sample) = 17.5417 , R Square = 0.96537 , SE = 0.78589

จากตารางที่ 4.14 - 4.19 ซึ่งเป็นผลของการวิเคราะห์สมการถดถอยของตัวแปร SUB ตัวแปร SUPER ตัวแปร FINISH ตัวแปร SYSTEM ตัวแปร B และตัวแปร C ตามลำดับ สามารถสรุปรวมสมการถดถอยที่จะใช้วิเคราะห์แบบจำลอง ได้ดังนี้

SUB = 0.215001ACCESS + 0.000476793EXCAVOL + 0.00055668GFLOOR
+ 0.796756TYPFOOT + 0.779549

Mean(Sample) = 4.7917 , R Square = 0.95368 , SE = 0.39179

SUPER = 0.0000381353BUILDVOL + 0.001852AVGFLOOR - 0.157102HIGHT
+ 0.776105HSTORY+ 1.739795

Mean(Sample) = 7.4792 , R Square = 0.90509 , SE = 0.64580

FINISH = 0.0000935688BUILDVOL + 0.519073FINVOL - 0.148407HIGHT
+ 0.481368HSTORY + 5.288273

Mean(Sample) = 9.7500 , R Square = 0.93362 , SE = 0.61256

SYSTEM = 0.0000547912BUILDVOL - 4.731174FHIGHT + 0.652133HIGHT
- 2.166650HSTORY + 1.426469FINVOL + 21.939964

Mean(Sample) = 12.6875 , R Square = 0.93822 , SE = 0.85682

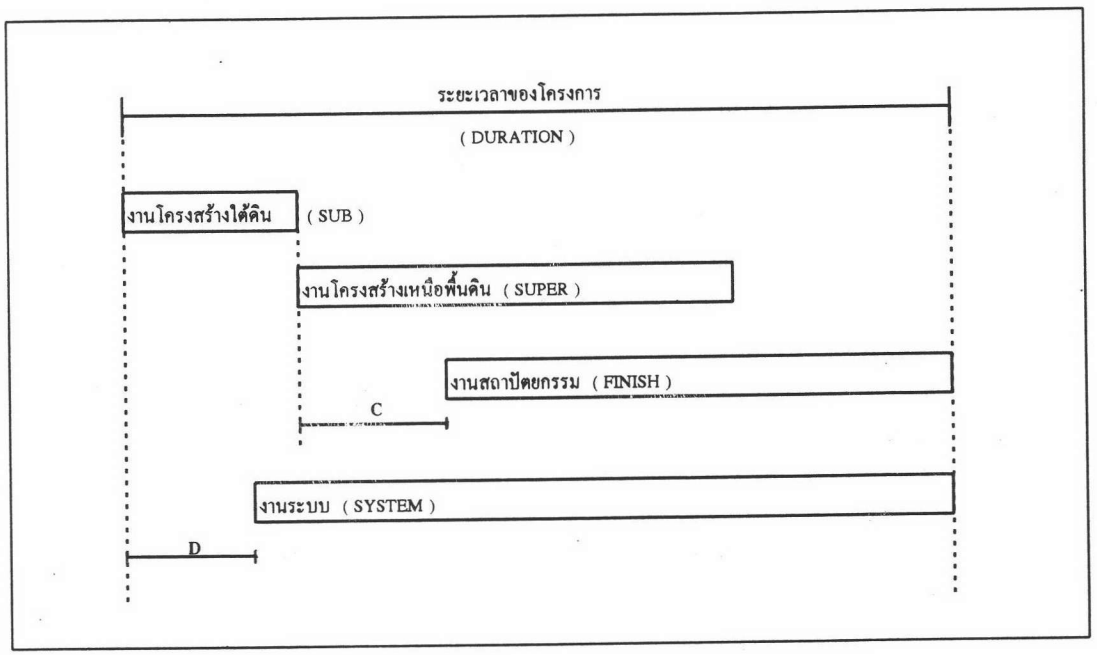
C = 0.000658195AVGFLOOR - 1.603339FINSUPER+ 4.188791

Mean(Sample) = 3.0000 , R Square = 0.26245 , SE = 0.70095

D = 0.457387C - 4.040510SYSFIN + 0.613979SUB + 5.806673

Mean(Sample) = 4.8958 , R Square = 0.80131 , SE = 0. 46573

เนื่องจากข้อมูลของโครงการขนาดกลางมีระยะเวลา Lag B เท่ากับงาน SUB จึงทำให้ไม่จำเป็นต้องประมาณเวลาของ Lag B และงาน SUB จะเป็นงานที่อยู่บนสายงานวิกฤตของโครงการ ทำให้สามารถเขียนรูปแบบการวางแผนงานหลักสำหรับโครงการขนาดกลางได้ใหม่ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนภาพการวางแผนงานหลักของโครงการขนาดกลาง

4.4.2 <u>การวิเคราะห์หาสมการถดถอยสำหรับโครงการขนาดใหญ่</u>

การวิเคราะห์หาสมการถดถอยในการประมาณเวลาก่อสร้างของโครงการขนาดใหญ่ จะใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.3 ลักษณะทั่วไปของโครงการเป็นตัวแปรอิสระ และข้อมูลจากตารางที่ 4.4 ระยะเวลาก่อสร้างเป็นตัวแปรตาม ซึ่งมีข้อมูลจำนวน 21 ชุด แต่ข้อมูลของโครงการที่ 12 มีการใช้ระบบการก่อสร้างแบบอัพ/ดาวน์ (Up/Down Method) ซึ่งมีผลเป็นอย่างมากในด้านระยะเวลาก่อสร้าง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการก่อสร้างทั่วไป (Sherman,1986) จึงพิจารณาตัดชุดข้อมูลดังกล่าวออก ดังนั้น ข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์จะมีจำนวน 20 ชุด

การวิเคราะห์ผลจะเริ่มจากการหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 4.11 จากนั้นหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรตามเทียบกับตัวแปรอิสระที่เกี่ยวข้องแบบตัวต่อตัว จะได้ค่าดังตารางที่ 4.12 และเมื่อทราบว่าตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระตัวใด ก็จะนำตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่เป็นผล ไปใส่ในสมการถดถอยและใช้วิธี Backward Elimination

ถอดตัวแปรที่มีความสำคัญน้อยออก จนกว่าจะเหลือตัวแปรที่เหมาะสมที่จะใช้สำหรับการประมาณการ ดังแสดงผลในตารางที่ 4.20 ถึง 4.27 และสรุปสมการที่ใช้ในการประมาณการได้ดังนี้

DURATION = 0.0000673709BUILDVOL - 2.448869ACCESS +1.781281DEPTH
+ 10.244945FHIGHT - 0.008508AVGFLOOR - 0.575760HIGHT
+ 1.768363HSTORY - 6.436562SYSVOL + 5.980449
Mean(Sample) = 23.9500, R Square = 0.8722 , SE = 2.49772

SUB = 0.307556DEPTH + 0.0000350118EXCAVOL + 2.854415
Mean(Sample) = 6.3500, R Square = 0.76281 , SE = 0.90768

SUPER = 0.170358HSTORY + 0.000118064HGFA + 1.005442
Mean(Sample) = 11.8500, R Square = 0.59261 , SE = 2.97791

FINISH = 0.00015594GFA - 1.735161FINVOL - 0.004147AVGFLOOR
- 0.07395HIGHT + 0.000414211SURFACE + 17.34929
Mean(Sample) = 15.2750, R Square = 0.64824, SE = 2.92383

SYSTEM = 0.0000566521BUILDVOL + 21.64317FHIGHT + 3.67466FINVOL
- 0.009692AVGFLOOR - 0.967531HIGHT + 3.328659HSTORY
- 53.857316
Mean(Sample) = 19.0500, R Square = 0.71556, SE = 3.25238

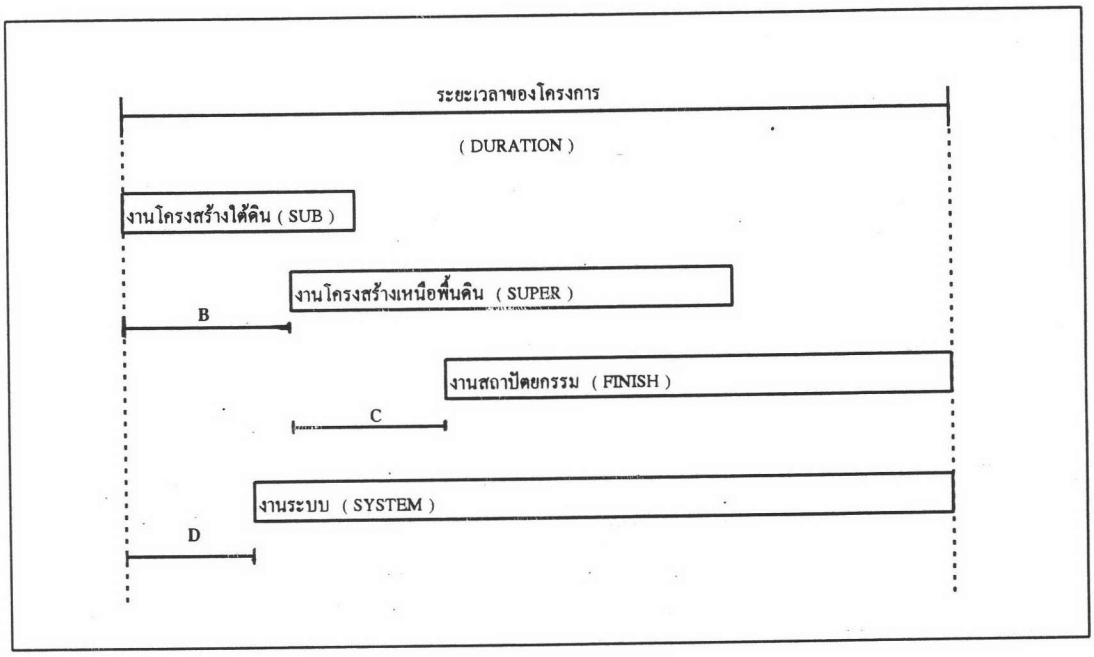
Lag B = 0.548118SUPER - 2.699987SUPERSUB + 4.398677
Mean(Sample) = 5.7250, R Square =0.80428, SE = 0.96709

Lag C = 0.499904ACCESS - 3.551432FINSUPER - 1.516354FINVOL
- 0.0000761379HGFA - 0.249008SUPER + 0.0003021SURFACE
+ 2.50769TYPFLOOR + 4.329770
Mean(Sample) = 2.9500, R Square = 0.80490, SE = 0.84532

Lag D = 0.689248FINISH - 3.792864FINSUPER - 0.593619SYSTEM + 10.890

Mean(Sample) = 4.9000, R Square = 0.60818, SE = 1.70205

จากผลการวิเคราะห์สมการถดถอยที่ได้และข้อมูลที่รวบรวมมา สอดคล้องกับรูปแบบแผนงานหลักที่ตั้งขึ้น ดังนั้นรูปแแบบในการประมาณระยะเวลาการก่อสร้างจะเป็นดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แผนภาพการวางแผนงานหลักของโครงการขนาดใหญ่

4.4.3 <u>การพิจารณาเลือกค่าในการประมาณการระยะเวลาของโครงการ</u>

ในการประมาณค่าของระยะเวลาก่อสร้างของโครงการ (DURATION) จะสามารถประมาณได้จาก 3 ทางด้วยกันคือ

1) ประมาณจากสมการถดถอยของตัวแปร DURATION โดยตรง
2) ประมาณจากค่า B + C + FINISH
3) ประมาณจากค่า D + SYSTEM

แต่ในความเป็นจริงแล้ว งานระบบจะเป็นตัวแปรตามกับงานหลักประเภทอื่นมากกว่า ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาประมาณระยะเวลาการก่อสร้างของทั้งโครงการ จึงพิจารณาตัดแนวทางจากข้อที่ 3 ออก ทั้งนี้ในการพิจารณาเลือกค่าประมาณระยะเวลาก่อสร้างของทั้งโครงการ จะพิจารณาเลือกค่าที่สูงที่สุด (Maximum) จากทั้ง 2 สมการของข้อ 1 และ 2 หรือสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

ระยะเวลาของโครงการ = **Max** (DURATION / B + C + FINISH)

<u>ตัวอย่างเช่น</u> การหาระยะเวลาของโครงการของข้อมูลที่ 1 ของโครงการขนาดกลาง ได้ค่าประมาณจากทั้งสองทาง ดังนี้

DURATION = 11.5 เดือน

B + C + FINISH = 3 + 2 + 8.3 = 13.3 เดือน

ดังนั้น ค่าการประมาณระยะเวลาของโครงการที่ควรจะเป็นคือ 13.3 เดือน #

4.5 <u>การวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อนของการประมาณการ</u>

ในการประมาณการโดยการสร้างแบบจำลองนั้น ส่วนใหญ่จะสร้างจากกลุ่มของข้อมูลกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง แล้วใช้ประมาณการค่าตัวแปรที่ต้องการทราบ ดังนั้นก่อนที่จะนำแบบจำลองไปใช้งานจริงจึงจำเป็นต้องทดสอบและตรวจสอบหลายขั้นตอนว่า แบบจำลองที่ได้สามารถประมาณค่าได้ใกล้เคียงกับกลุ่มประชากรหรือไม่เพียงใด จึงเริ่มทดสอบแบบจำลองกับกลุ่มตัวอย่างที่นำมาสร้างแบบจำลองว่า ค่าที่ประมาณได้มีค่าความคลาดเคลื่อนต่างไปจากค่าจริงเพียงใด โดยปกติจะวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด} = \frac{\text{ค่าที่ประมาณได้ - ค่าจริง}}{\text{ค่าจริง}} \times 100$$

4.5.1 <u>การวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อนในการประมาณการของกลุ่มโครงการขนาดกลาง</u>

การวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อนในการประมาณการของกลุ่มโครงการขนาดกลาง จะทำการทดสอบโดยการแทนค่าตัวแปรอิสระในสมการประมาณการที่ได้มาด้วยข้อมูลจริง ซึ่งจะทำให้ได้ค่าประมาณการของตัวแปรตามนั้นๆ เมื่อนำมาหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจะได้ดังตารางที่ 4.28 และแสดงดังรูปที่ 4.3 ถึง 4.9 จากผลที่ได้สามารถอธิบายได้ดังนี้

- DURATION มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -7.0% ถึง 5.1%
- SUB มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -13.2% ถึง 11.8%
- SUPER มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -5.4% ถึง 8.2%
- FINISH มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -7.1% ถึง 6.9%
- SYSTEM มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -5.8% ถึง 8.9%
- C มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -18.5% ถึง 24.4%
- D มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -14.6% ถึง 20.3%

4.5.2 การวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อนในการประมาณการของกลุ่มโครงการขนาดใหญ่

การวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อนในการประมาณการของกลุ่มโครงการขนาดใหญ่ จะได้เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการประมาณการ ดังแสดงในตารางที่ 4.29 และแสดงดังรูปที่ 4.10 ถึง 4.17 จากผลที่ได้สามารถอธิบายได้ดังนี้

- DURATION มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -5.2% ถึง 6.5%
- SUB มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -16.2% ถึง 3.4%
- SUPER มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -21.0% ถึง 23.6%
- FINISH มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -10.6% ถึง 13.3%
- SYSTEM มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -10.5% ถึง 12.8%
- B มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -7.9% ถึง 30.5%
- C มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -18.3% ถึง 23.9%
- D มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -20.5% ถึง 34.7%

4.6 การทดสอบแบบจำลอง

4.6.1 การทดสอบแบบจำลองของกลุ่มโครงการขนาดกลาง

ในการทดสอบแบบจำลองของกลุ่มโครงการขนาดกลาง จะทำการทดสอบโดยการสุ่มเอาข้อมูลโครงการที่ 12 และ 18 มาให้ผู้วางแผนโครงการ 2 ท่านช่วยประมาณเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างแล้วเปรียบเทียบกับการประมาณการจากสมการถดถอย ได้ผลดังนี้

โครงการที่ 12 ผลการวิเคราะห์จะแสดงดังตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 เปอร์เซ็นต์แตกต่างของผู้ประมาณการเทียบกับสมการประมาณการของโครงการที่ 12

ระยะเวลา	Estimate	Planner 1	%Differ	Planner 2	%Differ
DURATION	16.5	18.5	12.1	15	-9.1
SUB	4	4	0	2	-50
SUPER	7.2	6	-16.7	5	-30
FINISH	9.5	12	26.3	10	5.3
SYSTEM	12.7	15	18.1	10	-21.3
B	4	4	0	2	-50
C	2.7	2	-25.9	2	-25
D	4.3	5	16.3	5	16.3

จากการทดสอบแบบจำลองของโครงการที่ 12 พบว่า การประมาณเวลาของโครงการโดยใช้แบบจำลอง ค่าการประมาณการจะมีค่าอยู่ระหว่างผู้วางแผนโครงการทั้งสอง คือ มีค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่าง เท่ากับ +12.1% และ -9.1% ตามลำดับ ส่วนการประมาณงานอื่นๆ จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ระหว่าง +26.3% กับ -50%

โครงการที่ 18 ผลการวิเคราะห์จะแสดงดังตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 เปอร์เซ็นต์แตกต่างของผู้ประมาณการเทียบกับสมการประมาณการของโครงการที่ 18

ระยะเวลา	Estimate	Planner 1	%Differ	Planner 2	%Differ
DURATION	23.5	22	-6.4	18	-23.4
SUB	7.2	6	-16.7	4	-44.4
SUPER	10.5	9	-14.3	6	-42.9
FINISH	13.9	14	0.7	12	-13.9
SYSTEM	19	18	-5.3	16	-15.8
B	7.2	6	-16.7	4	-44.4
C	3.5	2	-42.9	2	-42.9
D	6.6	4	-39.4	2	-69.7

จากการทดสอบแบบจำลองของโครงการที่ 18 พบว่า การประมาณระยะเวลาของโครงการโดยใช้แบบจำลอง ค่าที่ได้จากการประมาณการจะมีค่าสูงกว่าผู้วางแผนโครงการทั้งสอง คือ มีค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างเท่ากับ -6.4% และ -23.4% ตามลำดับ ส่วนการประมาณงานอื่นๆ จะให้ค่าประมาณการสูงกว่าผู้วางแผนโครงการทั้งสองอีกเช่นกัน โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ระหว่าง -5.3% กับ -69.7%

หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบเชิงปฏิบัติการ(Experimental Method) โดยการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมแล้วนำมาประมาณระยะเวลาจากสมการถดถอย จากนั้นจึงวิเคราะห์ถึงเปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนของเวลาก่อสร้างของงานต่างๆ

จากสมการถดถอยที่ได้ พบว่ามีตัวแปรที่เกี่ยวข้องอยู่เพียง 12 ตัวแปร ดังนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลเพียง 12 ตัวแปรเท่านั้น โดยมีรายละเอียดของโครงการดังนี้

1. ปริมาณดินขุด	1,200 ลบ.ม.	2. ประเภทฐานราก	2
3. ความสูงของอาคาร	25 ม.	4. ความสูงเฉลี่ยต่อชั้น	3.0 ม.
5. จำนวนชั้นเหนือพื้นดิน	7 ชั้น	6. GFA	7,392 ตร.ม.

7. พื้นที่ชั้นที่วางบนดิน	1,200 ตร.ม.	8. พื้นที่เฉลี่ยต่อชั้น	1,056 ตร.ม.
9. ปริมาตรอาคาร	26,400 ลบ.ม.	10. สภาพทางเข้าออก	4
11. ปริมาณงานสถาปัตยกรรม	2	12. ระบบผนังภายนอก	3

เมื่อนำค่าตัวแปรต่างๆ แทนในสมการถดถอย แล้วเปรียบเทียบกับเวลาก่อสร้างจริง จะได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของการประมาณการของผู้รับเหมากับสมการประมาณการของโครงการขนาดกลาง

ระยะเวลา	Contractor	Estimate	%ERROR
DURATION	14.5	11.9	-17.6
SUB	4	4.5	11.8
SUPER	6	6.2	3.5
FINISH	7.5	8.5	12.7
SYSTEM	11.5	13.2	14.6
C	3	2.7	-10.0
D	3	3.5	16.3

จากผลที่ได้ เมื่อนำค่าจริงของระยะเวลาก่อสร้างไปเปรียบเทียบกับการประมาณระยะเวลาก่อสร้างจากทั้ง 2 ทาง พบว่า

	ค่าที่ได้จากการประมาณการ	%ERROR
1. จากสมการ DURATION	11.9	-17.6
2. จาก B + C + FINISH	15.7	8.3

ในการเลือกสมการที่จะใช้ประมาณระยะเวลาของโครงการ จะเลือกจากค่าสูงสุดที่ได้จากทั้ง 2 ทาง ในที่นี้เลือกจาก B + C + FINISH คือระยะเวลาโครงการเท่ากับ 15.7 เดือน ซึ่งมีค่าคลาดเคลื่อน 8.3%

ในการเปรียบเทียบระยะเวลาก่อสร้างของ SUB, SUPER, FINISH, SYSTEM, C, D จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 11.8%, 3.5%, 12.7%, 14.6%, -10.0%, 16.3% ตามลำดับ

4.6.2 การทดสอบแบบจำลองของกลุ่มโครงการขนาดใหญ่

การทดสอบแบบจำลองของกลุ่มโครงการขนาดใหญ่ จะทำการทดสอบโดยการเก็บข้อมูลโครงการเพิ่มเติมแล้วนำมาประมาณระยะเวลาจากสมการถดถอย จากนั้นจึงวิเคราะห์ถึงเปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนของระยะเวลาก่อสร้างของงานต่างๆ

จากสมการถดถอยที่ได้ พบว่ามีตัวแปรที่เกี่ยวข้องอยู่เพียง 14 ตัวแปร ดังนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลเพียง 14 ตัวแปร โดยมีรายละเอียดของโครงการดังนี้

1. ปริมาณดินขุด	20,500 ลบ.ม.	2. ความลึกการขุดดิน	9.5 ม.
3. ความสูงของอาคาร	90 ม.	4. ความสูงเฉลี่ยต่อชั้น	4.0 ม.
5. จำนวนชั้นเหนือพื้นดิน	22 ชั้น	6. GFA	46,475 ตร.ม.
7. พื้นที่เฉลี่ยต่อชั้น	2,112 ตร.ม.	8. HGFA	44,475 ตร.ม.
9. ปริมาตรอาคาร	160,000 ลบ.ม.	10. พื้นผิวรอบตัวอาคาร	11,640 ตร.ม.
11. สภาพทางเข้าออก	3	12. ปริมาณงานระบบ	3
13. ระบบพื้นที่ใช้	2	14. ปริมาณงานสถาปัตยกรรม	2

เมื่อนำค่าตัวแปรต่างๆ แทนในสมการถดถอยแล้ว เปรียบเทียบกับเวลาก่อสร้างจริง จะได้ผลการคำนวณ ดังตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของการประมาณการของผู้รับเหมากับสมการประมาณการของโครงการขนาดใหญ่

ระยะเวลา	Contractor	Estimate	%ERROR
DURATION	21	17.1	-18.5
SUB	7	6.5	-7.2
SUPER	10	10	0
FINISH	12	10.5	-12.2
SYSTEM	17	14.8	-12.9
B	5	5.7	14.5
C	4	1.7	-57.2
D	4	5.4	34.1

จากผลที่ได้เมื่อนำค่าจริงของระยะเวลาก่อสร้างไปเปรียบเทียบกับการประมาณระยะเวลาก่อสร้างจากทั้ง 2 ทาง พบว่า

	ค่าที่ได้จากการประมาณการ	%ERROR
1. จากสมการ DURATION	17.1	-18.5
2. จาก B + C + FINISH	17.9	-14.8

ในการเลือกสมการที่จะใช้ประมาณระยะเวลาของโครงการ จะเลือกจากค่าสูงสุดที่ได้จากทั้ง 2 ทาง ในที่นี้เลือกจาก B + C + FINISH คือระยะเวลาโครงการเท่ากับ 17.9 เดือน ซึ่งมีค่าคลาดเคลื่อน -14.8%

ในการเปรียบเทียบระยะเวลาก่อสร้างของSUB, SUPER, FINISH, SYSTEM, B, C, D จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ -7.2%, 0%, -12.2%, -12.9%, +14.5%, -57.2%, +34.1% ตามลำดับ

4.7 ข้อพิจารณาในการใช้สมการถดถอย

1. ในการนำสมการถดถอยที่สร้างขึ้น ไปใช้ประมาณระยะเวลาก่อสร้างของโครงการนั้น จะต้องคำนึงอยู่เสมอว่า สมการถดถอยสร้างขึ้นมาจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง การนำไปใช้นั้นจะต้องพิจารณาให้ถี่ถ้วนเกี่ยวกับข้อจำกัด ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น และที่สำคัญคือ ข้อมูลที่จะประมาณการอยู่ในขอบเขตของสมการที่ใช้ประมาณการหรือไม่

2. การเก็บข้อมูลนี้เป็นการเก็บแบบสุ่ม โดยกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในเขตกรุงเทพฯ ชั้นใน ซึ่งอาจจะเป็นตัวแทนที่ไม่ดีนักในการนำสมการที่ได้ไปใช้ในการทำนายโครงการที่อยู่แถบชานเมือง และอีกประการหนึ่งคือข้อมูลที่เก็บรวบรวมจะเป็นโครงการที่สร้างระหว่างปี 2535 - 2538 ดังนั้นการนำสมการถดถอยไปใช้ประมาณโครงการในอนาคตอาจผิดพลาด เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี หรือจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป

3. เนื่องจากระยะเวลาในการทำการศึกษามีจำกัด ทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูลสามารถทำได้จำกัด จึงทำให้ได้ข้อมูลมาจำนวนเพียงพอแก่การวิเคราะห์เท่านั้น ซึ่งถ้ามีการเก็บข้อมูลจำนวนมากขึ้น ความแม่นยำในการทำนายก็จะมีค่าสูงขึ้น