บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากคุณภาพในการออกแบบของโครงการก่อสร้าง แนวทางในการแก้ปัญหา และ แนวทางการออกแบบก่อสร้างให้ง่ายต่อการก่อสร้าง รวมทั้งการสร้างแบบจำลองการประเมินความสามารถก่อสร้างได้ของแบบก่อสร้างจากรูปแบบการก่อสร้าง ที่ผู้ออกแบบนำมาใช้ในการออกแบบก่อสร้าง สำหรับงานโรงงาน โดยการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบให้สามารถก่อสร้างได้ (Buildability) นั้น จำเป็นต้องศึกษาถึงพื้นฐานจากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรายละเอียดของ คุณภาพในการออกแบบโครงการก่อสร้าง นิยาม หลักการการพัฒนาเกี่ยวกับการออกแบบให้สามารถก่อสร้างได้ หลักปฏิบัติ และอุปสรรคของการนำไปใช้งานเกี่ยวกับการออกแบบให้สามารถก่อสร้างได้ รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความสามารถก่อสร้างได้ของแบบก่อสร้าง และทฤษฎีอื่นๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 คุณภาพในการออกแบบโครงการก่อสร้าง

ในการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากคุณภาพในการออกแบบโครงการก่อสร้าง ได้อาศัยแนวความคิดในการศึกษากี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพในการออกแบบโครงการก่อสร้าง ดังนี้

Tan (1995) ใช้วิธีกระบวนการลำดับเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process: AHP) ในการศึกษาระดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพในการออกแบบโครงการก่อสร้าง และสรุปเงื่อนไขของคุณภาพในการออกแบบทั้งหมด 8 เงื่อนไข ดังนี้

1) คุณภาพของบุคลากร ปัจจัยที่มีผลกระทบ คือ
   - ความสามารถของผู้จัดการโครงการ
   - ความสามารถของบุคลากรผู้ออกแบบ
   - ความสามารถของบุคลากรสนับสนุน
2) การปฏิบัติตามมาตรฐานและข้อกำหนดในการทำงาน ปัจจัยที่มีผลกระทบ คือ
   - ระดับของการยอมรับของเจ้าของในข้อกำหนดและมาตรฐานการออกแบบ
   - การเลือกใช้การอ้างอิงข้อมูลในการออกแบบจากแหล่งที่ถูกต้องและเชื่อถือได้
   - ความถูกต้องของข้อกำหนดและมาตรฐาน

3) การปฏิบัติตามความต้องการของเจ้าของ ปัจจัยที่มีผลกระทบ คือ
   - ความถูกต้องในการกำหนดความต้องการของเจ้าของ
   - ความชัดเจนและความสมเหตุสมผลของข้อกำหนดของเจ้าของ
   - การเปลี่ยนแปลงในข้อกำหนดของเจ้าของ
4) การปฏิบัติตามขั้นตอนในการออกแบบ ปัจจัยที่มีผลกระทบ คือ
   - ความสมบูรณ์ของคู่มือ ข้อกำหนดและแหล่งของข้อมูลในการออกแบบ
   - ประสิทธิภาพของมาตรการการควบคุมและการรับประกันในคุณภาพ
   - ข้อบังคับในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม
5) การปฏิบัติตามเวลาการออกแบบ ปัจจัยที่มีผลกระทบ คือ
   - การตรวจสอบและควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามตารางเวลา
   - จำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงแบบ
   - เวลาในการทำงานของบุคลากรในการออกแบบ
   - ความสมเหตุสมผลของตารางเวลา
6) การปฏิบัติตามข้อกำหนดทางด้านค่าใช้จ่าย ปัจจัยที่มีผลกระทบ คือ
   - ความชัดเจนของขอบเขตงาน
   - จำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงแบบ
   - วิธีการจัดสรรค่าดำเนินการ
7) ความสมบูรณ์ของส่วนแสดงผลของการออกแบบ ปัจจัยที่มีผลกระทบ คือ
   - ความสมบูรณ์ของข้อมูลในการออกแบบ
   - ความสมบูรณ์และสอดคล้องกันของเนื้อหา
   - ความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลในการออกแบบ
   - ความสะดวกต่อการเข้าใจ
8) ความสามารถก่อสร้างได้ของแบบก่อสร้าง
   - ความรวดเร็วของการจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ในการก่อสร้าง
   - ความสะดวกต่อการและความเป็นมาตรฐานของวัสดุและวิธีการก่อสร้าง
   - ความเข้าใจในการออกแบบเพื่อให้มีความสามารถในการก่อสร้างได้
   - การประสานงานและความร่วมมือกันของผู้เชี่ยวชาญแต่ละสาขาในการออกแบบ
   - การพิจารณาในปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานในพื้นที่ก่อสร้าง

Anderson and Fisher (1999) ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความสามารถก่อสร้างได้ของแบบ และรายละเอียดประกอบแบบ โดยสำรวจความคิดเห็นของเจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบและผู้รับเหมาก่อสร้าง ถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความสามารถก่อสร้างได้ ผลการสำรวจสามารถแยกปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความสามารถก่อสร้างได้ ดังนี้

1) ขั้นตอนการจัดการโครงการ
   - การขาดการประสานงานกับผู้ออกแบบ
   - ขาดการพิจารณาในขั้นตอนการออกแบบ
2) การวางแผนโครงการและเอกสารการออกแบบ
   - ไม่มีการพัฒนาแบบและรายละเอียดประกอบแบบให้ทันสมัย
   - ไม่มีการศึกษาปัจจัยทางภูมิอากาศที่อาจส่งผลต่อการก่อสร้าง
   - ไม่มีการออกแบบการจัดการด้านจราจรขณะการก่อสร้าง
   - ขาดการวางแผนงานก่อสร้างในขั้นตอนการออกแบบ
3) ทรัพยากรในโครงการ
   - เวลาในการออกแบบมีจำกัด
   - บุคลากรที่ออกแบบขาดประสบการณ์ในการก่อสร้าง
   - ฐานข้อมูลของโครงการไม่เพียงพอ

ส่วนเครื่องมือที่นำมาใช้ในการจัดการความสามารถในการก่อสร้างได้ คือ การจัดตั้งหน่วยงานเพื่อความสามารถในการก่อสร้างได้ การเลือกใช้สัญญาที่เหมาะสม การสื่อสารกันระหว่างผู้รับเหมาและผู้ออกแบบ เพื่อปรับปรุงแบบก่อสร้างให้ชัดเจน และใช้รายละเอียดประกอบแบบที่มีความยืดหยุ่นในการทำงาน

Budshait, Said, and Abolnour (1998) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพในการออกแบบกับค่าจ้างในการออกแบบ จากโครงการก่อสร้างจำนวน 60 โครงการ โดยอาศัยหลักการทางสถิติ ในการศึกษาได้แทนคุณภาพในการออกแบบด้วยตัวเลขค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นตามมาเนื่องมาจากความเสียหายจากการออกแบบ ทั้งนี้มูลค่าความเสียหายจากการออกแบบ จะประเมินจาก

1) ความไม่เหมาะสมทางเทคนิค ได้แก่ แนวทางการทำงาน (Guidelines) ข้อกำหนดในรายการประกอบแบบ (Technical Specification) และรหัสอาคาร (Building Code) เป็นต้น
2) ความขัดแย้งในเอกสาร คือ แบบก่อสร้างและรายละเอียดประกอบแบบ และความขัดแย้งกันภายในส่วนที่สัมพันธ์ของแบบ คือ ส่วนของงานโครงสร้าง ไฟฟ้า และงานระบบอื่นๆ

ผลการศึกษาสรุปว่า ค่าจ้างในการออกแบบมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตามมาเนื่องจากความเสียหายในการออกแบบ นั้นคือ หากค่าจ้างในการออกแบบมาก เมื่อนำแบบที่ได้ไปใช้ในการก่อสร้างแล้วค่าความเสียหายจากการออกแบบก็จะน้อยตามด้วย

Burati (1992) ศึกษาถึงสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงแก้ไขที่เกิดขึ้นในโครงการก่อสร้าง โดยรวบรวมข้อมูลจากโครงการก่อสร้างโรงงาน 9 โครงการ ข้อมูลที่ทำการรวบรวมประกอบด้วย รายละเอียดของการเปลี่ยนแปลง สาเหตุของการเปลี่ยนแปลง ผู้รับผิดชอบถึงการเปลี่ยนแปลง และค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลง

ผลการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลง แก้ไขที่เกิดขึ้น ในโครงการก่อสร้างโรงงานที่ศึกษามี 4 ประเภท ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างมีสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด คือ ร้อยละ 79.1 การเปลี่ยนแปลงวิธีการก่อสร้างร้อยละ 16.9 การเปลี่ยนแปลงวิธีการติดตั้งอุปกรณ์ร้อยละ 3.3 และการเปลี่ยนแปลงวิธีการขนส่งร้อยละ 0.7 โดยสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างมาจาก

- แบบก่อสร้างเดิมบกพร่องเนื่องมาจากความผิดพลาดของผู้ออกแบบ
- เพื่อการปรับปรุงให้โครงการมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้นกว่าตอนที่ออกแบบก่อสร้างไว้
- การสั่งเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างจากเจ้าของโครงการ
- สภาพการทำงานจริงไม่สอดคล้องกับแบบก่อสร้าง ทำให้ไม่สามารถดำเนินการก่อสร้างตามแบบได้
- แบบก่อสร้างเดิมไม่สอดคล้องกับเครื่องมือและวิธีการก่อสร้างของผู้รับเหมา

สัดส่วนของสาเหตุในการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแบบก่อสร้างเป็นไปดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าสัดส่วนของสาเหตุในการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแบบก่อสร้าง

สาเหตุการเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้าง	ค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้าง
มาจากความผิดพลาดของผู้ออกแบบ	40.2
เพื่อการปรับปรุงให้โครงการมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้น	27.1
การสั่งเปลี่ยนแปลงแบบจากเจ้าของโรงงาน	20.2
สภาพการทำงานจริงไม่สอดคล้องกับแบบก่อสร้าง	8.4
แบบก่อสร้างเดิมไม่สอดคล้องกับเครื่องมือและวิธีการก่อสร้างของผู้รับเหมา	4.1

2.2 รายละเอียดของคำนิยาม หลักการ และการพัฒนาเกี่ยวกับการออกแบบให้สามารถก่อสร้างได้

คำนิยามของ ความสามารถก่อสร้างได้ (Constructability) ซึ่ง Construction Industry Institue (CII) ได้นิยามว่า "การใช้ความรู้และประสบการณ์ด้านการก่อสร้างมาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสมในการวางแผนโครงการ การออกแบบด้านวิศวกรรม การจัดหาผู้ก่อสร้าง และการก่อสร้างจริง" ซึ่งได้มีการศึกษาวิจัยและพัฒนาหลักการเกี่ยวกับความสามารถก่อสร้างได้ในต่างประเทศในอดีตจนถึงปัจจุบันดังนี้

Emerson (1962 อ้างถึงใน Griffith and Sidewell, 1995) ได้ศึกษาพบว่าการวางแผนโครงการก่อสร้างในช่วงก่อนการประมูลมีไม่เพียงพอและก่อให้เกิดปัญหาตามมาภายหลัง รวมทั้งยังขาดการติดต่อประสานงานกันระหว่างผู้ออกแบบและฝ่ายก่อสร้าง ซึ่งแนะนำให้มีการปรับปรุงการประสานงานกันระหว่างสถาปนิก วิศวกรที่ปรึกษา และผู้รับเหมา

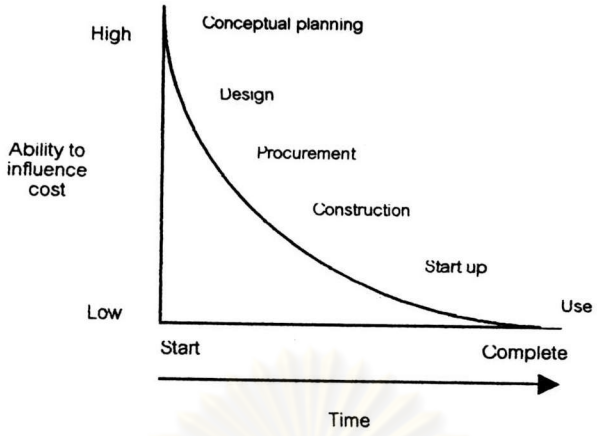
Banwell (1964 อ้างถึงใน Griffith and Sidewell, 1995) รายงานว่าจากลักษณะที่การออกแบบและการก่อสร้างเป็นกระบวนการที่แยกจากกันอย่างชัดเจนนั้นก่อให้เกิดปัญหาตามมา และแนะนำให้มีการปรับปรุง คือ มีการทำความเข้าใจความต้องการของลูกค้าให้ชัดเจน ให้ผู้รับเหมาก่อสร้างมีส่วนร่วมในการวางแผนโครงการตั้งแต่ช่วงต้นโครงการ พัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างสถาปนิก วิศวกรที่ปรึกษา และผู้รับเหมาให้ดีขึ้น

American Society of Civil Engineering (ASCE., 1974 อ้างถึงใน Griffith and Sidewell, 1995) ศึกษาการปฏิบัติเพื่อปรับปรุงความสามารถก่อสร้างได้ (Constructability) สามารถสรุปได้ 6 ข้อ ดังนี้

1. มีการออกแบบหลายรูปแบบเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า
2. มีความรู้เกี่ยวกับระบบก่อสร้างที่หลากหลาย รวมทั้งข้อจำกัดแต่ละระบบ
3. เข้าใจสภาพสิ่งต่างๆ ที่ใช้งานได้ดี ได้แก่ ทักษะแรงงาน วิธีก่อสร้าง ผู้รับจ้างช่วง เป็นต้น
4. พิจารณาถึงสภาพดินฟ้าอากาศบริเวณสถานที่ก่อสร้าง
5. มีการตรวจสอบสภาพพื้นที่ทำงานทั้งเหนือดินและใต้ดิน
6. พิจารณาถึงพื้นที่สำหรับการขนส่งวัสดุก่อสร้างทั้งในบริเวณสถานที่ก่อสร้างและทางเข้าออกสถานที่ก่อสร้าง

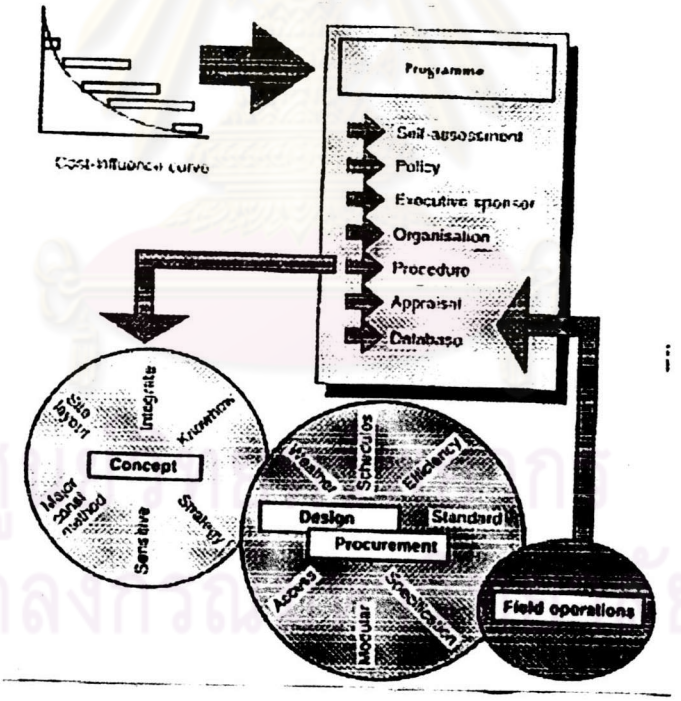
Construction Industry Research and Information Association (CIRIA., 1983 อ้างถึงใน Griffith and Sidewell, 1995) ได้ดำเนินการสำรวจหาปัญหาที่มีความสำคัญในการก่อสร้างจริง ซึ่งได้มุ่งความสนใจไปที่การออกแบบให้สามารถสร้างได้ (Buildability) โดยให้เหตุผลว่าการออกแบบก่อสร้างไม่ได้ให้คุณค่าของเงินในด้านประสิทธิภาพของกระบวนการก่อสร้าง จุดประสงค์หลักของการดำเนินการนี้เพื่อกระตุ้นเตือนสำนึกของผู้ออกแบบให้มีการออกแบบ ในแง่ที่ทำให้ผู้ก่อสร้างดำเนินการก่อสร้างให้คุ้มค่ากับเงินลงทุนของลูกค้าซึ่ง คือ เจ้าของงานมากที่สุด

CII. (1986 อ้างถึงใน Griffith and Sidewell, 1995) ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อสนับสนุนและปรับปรุงหลักการของความสามารถก่อสร้างได้ และกระตุ้นให้มีหลักการนี้ในโครงการก่อสร้างต่างๆ โดยแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นที่ต้องพิจารณาปฏิบัติหลักการนี้ตั้งแต่ริเริ่มจะทำโครงการพร้อมทั้งแสดงความสัมพันธ์ของการนำหลักการความสามารถก่อสร้างได้มาใช้ในระยะต่างๆ ของขั้นตอนโครงการก่อสร้างที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้างโครงการจากมากไปน้อย แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 Cost Influence Curve (Griffith and Sidewell, 1995)

จากอิทธิพลของหลักการความสามารถก่อสร้างได้ที่มีต่อราคาก่อสร้างนั้น ส่งผลให้มีการกำหนดระบบการปรับปรุงความสามารถก่อสร้างได้ ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 7 ประการดังนี้



รูปที่ 2.2 แสดงระบบการปรับปรุงความสามารถก่อสร้างได้ (Griffith and Sidewell, 1995)

1. การประเมินตัวเอง (Self Assessment) – ประเมินว่าในตอนต้นองค์กร มีความสามารถก่อสร้างได้อยู่ในระดับใด

2. นโยบาย (Policy) – แผนการที่ทำขึ้นเพื่อเพิ่มความสามารถก่อสร้างได้
3. การสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร (Executive Sponsor)
4. องค์กร (Organization) – มีการจัดองค์กรที่สนับสนุนหลักการความสามารถก่อสร้างได้
5. ขั้นตอนการดำเนินการ (Procedure) – การประยุกต์ใช้หลักการ ความสามารถก่อสร้างได้
6. การประเมินผล (Appraisal) – ประเมินผลความสำเร็จของการปรับปรุงความสามารถก่อสร้างได้
7. ฐานข้อมูล (Database) – เก็บข้อมูลเพื่อการนำไปใช้ในภายหน้า

Construction Industry Institute Australia (CIIA., 1991-1993 อ้างถึงใน Griffith and Sidewell, 1995) ได้พัฒนาหลักปฏิบัติเพื่อพัฒนาความสามารถก่อสร้างได้ในแต่ละโครงการ แบ่งออกเป็น 12 หลักปฏิบัติดังนี้

1. Integration – การพัฒนาความสามารถก่อสร้างได้ต้องพิจารณาแผนโครงการหลายส่วนร่วมกัน
2. Construction Knowledge – ต้องมีการใช้ความรู้และประสบการณ์ในการก่อสร้างและการวางแผนงานเสมอ
3. Team Skills – มีการใช้ประสบการณ์และทักษะของกลุ่มร่วมกันอย่างเหมาะสม
4. Corporate objectives – ระดับความสามารถก่อสร้างได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อฝ่ายดำเนินโครงการเข้าใจเป้าหมายโครงการเช่นเดียวกับเจ้าของโครงการ
5. Available resources – เทคโนโลยีที่ใช้ออกแบบต้องสอดคล้องกับทักษะคนงานและทรัพยากรที่สามารถจัดหาได้
6. External factors – ปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายและแผนงาน
7. Program – แผนงานที่วางต้องสามารถปฏิบัติได้จริงและเป็นที่ยอมรับในทีมงานก่อสร้างเมื่อมีการปฏิบัติ
8. Construction methodology – การออกแบบจะต้องคำนึงถึงหลักการก่อสร้าง
9. Accessibility – พิจารณาเข้าถึงพื้นที่ก่อสร้างในขั้นตอนออกแบบ
10. Specifications – ระดับของความสามารถก่อสร้างได้จะสูงขึ้น เมื่อมีการกำหนดประสิทธิภาพการทำงานในข้อกำหนดการก่อสร้าง

11. Construction innovation – ใช้วิธีการใหม่เพื่อปรับปรุงความสามารถก่อสร้างได้
12. Feedback – มีการวิเคราะห์ผลการก่อสร้างเพื่อพัฒนาความสามารถก่อสร้างได้ในโครงการลักษณะเดียวกัน

ในการใช้หลักปฏิบัติข้างต้นเริ่มต้นโดยเจ้าของโครงการ (Client) ต้องมีความต้องการจะให้ดำเนินการเพื่อเพิ่มความสามารถก่อสร้างได้ของโครงการ และทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับโครงการต้องร่วมพิจารณาผลกระทบของการดำเนินการต่างๆ ต่อขั้นตอนการก่อสร้าง รวมทั้งมีการจัดหาผู้รับเหมาหลักมาร่วมพิจารณาโครงการตั้งแต่ขั้นตอนศึกษาความเป็นไปได้

CII. (1986 อ้างถึงใน Griffith and Sidewell, 1995) ได้นิยามคำว่า Constructability ตามที่กล่าวมาในตอนต้นซึ่งมีความหมายคล้ายกับ Buildability แต่มีข้อแตกต่าง ที่ **Buildability จะมุ่งเน้นไปทางด้านการออกแบบ แต่ Constructability จะคำนึงถึงทุกขั้นตอนของโครงการก่อสร้างตั้งแต่วางแผน ออกแบบ จัดหาผู้ก่อสร้าง ก่อสร้าง ไปจนถึงบำรุงรักษา**

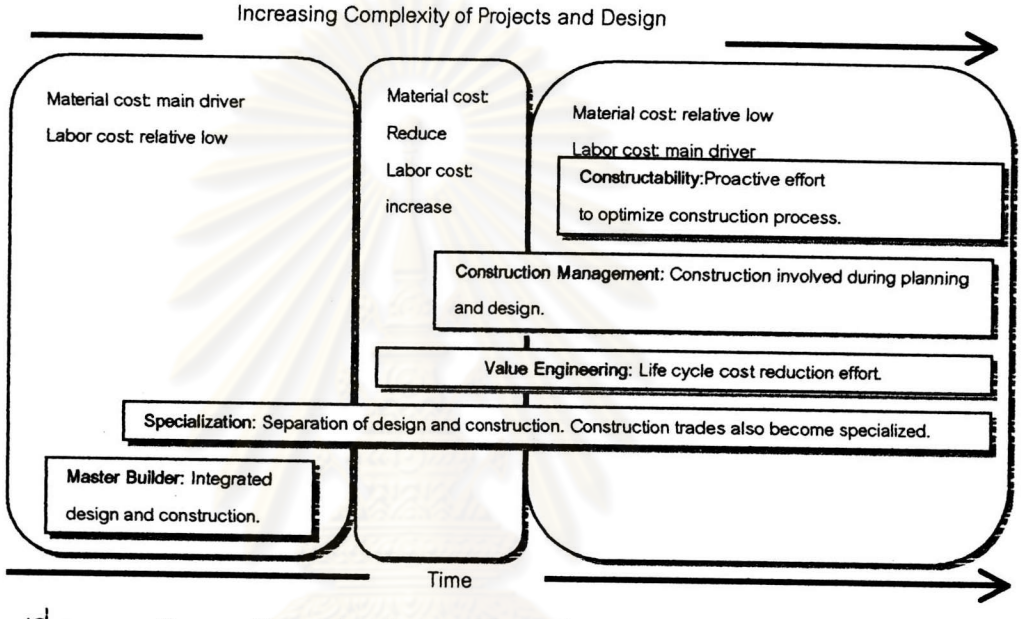
CIRIA. (1983 อ้างถึงใน Adams, 1989) ได้ให้คำจัดความในขั้นต้นเกี่ยวกับการประเมินความสามารถก่อสร้างได้ (Buildability:An Assessment) ว่า "การขยายขอบเขตของการออกแบบสิ่งก่อสร้างให้ง่ายต่อการก่อสร้าง และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทุกข้อในการก่อสร้างให้เสร็จสมบูรณ์" ซึ่งสามารถขยายความเป็น 2 ส่วน คือ

1. การออกแบบให้สามารถก่อสร้างได้ ไม่ใช่หลักการที่ตายตัว แต่จะมีระดับจากดีมากไปถึงแย่มาก โดยระดับดีหมายถึง มีการออกแบบสิ่งก่อสร้างโดยคำนึงถึงขั้นตอนการก่อสร้างซึ่งเน้นที่วิธีก่อสร้าง ลำดับขั้นตอนก่อสร้าง พิจารณากิจกรรมที่ทำพร้อมกันได้หรือมีความสัมพันธ์กัน รวมทั้งสิ่งอื่นที่เกี่ยวข้องรวมเข้าไปในการออกแบบตั้งแต่เริ่มแรก ในทางกลับกันระดับที่ไม่ดีหมายถึง เกิดความขัดแย้งหรือไม่ลงรอยกันระหว่างขั้นตอนออกแบบและขั้นตอนก่อสร้าง

2. ในทางปฏิบัติ การออกแบบให้สามารถก่อสร้างได้ไม่ใช่เป้าหมายเดียวที่จะต้องบรรลุในการก่อสร้าง จะต้องคำนึงถึงข้อกำหนดอื่นๆ เช่น เวลา ค่าใช้จ่าย คุณภาพ ประกอบด้วย ซึ่งจะต้องมีการคานน้ำหนักกันระหว่างความสามารถก่อสร้างได้กับปัจจัยอื่นๆให้มีความเหมาะสมด้วย

2.3 เปรียบเทียบการพัฒนาความสามารถก่อสร้างได้กับหลักการอื่น

Russell (1994) เพื่อป้องกันความสับสนระหว่างหลักการความสามารถก่อสร้างได้กับหลักการอื่นที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาคุณภาพของกระบวนการทำงานก่อสร้าง จากรูปที่ 2.3 ได้แสดงการพัฒนาหลักการความสามารถก่อสร้างได้ ซึ่งแสดงว่ามีพื้นฐานมาจากหลักการปรับปรุงคุณภาพที่ใช้กับโครงการทั่วไป และมีแรงกระตุ้นจากความซับซ้อนของโครงการที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลา

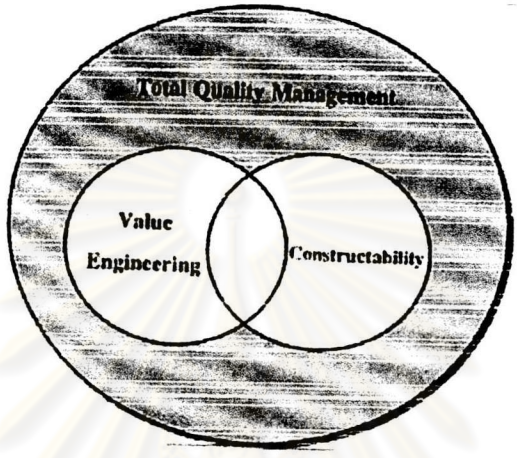


รูปที่ 2.3 การพัฒนาหลักการต่างๆในการปรับปรุงโครงการก่อสร้าง (Russell, 1994)

ในช่วงสมัยแรกของงานก่อสร้างจะใช้ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านก่อสร้าง (Master builder) เป็นผู้รับผิดชอบควบคุมกิจกรรมทุกอย่างในโครงการตั้งแต่การวางแผน ออกแบบ และก่อสร้าง ซึ่งในการตัดสินใจ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านก่อสร้าง จะสามารถคำนึงถึงข้อดีข้อเสียของทุกกระบวนการของโครงการได้ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของความสามารถก่อสร้างได้ในปัจจุบัน แต่หลักการนี้ใช้กับโครงการที่มีความซับซ้อนไม่มากนักในสมัยก่อน ต่อมาเมื่อมีระดับการแข่งขันมากขึ้น รวมทั้งความซับซ้อนของโครงการที่สูงขึ้น จึงเป็นปัจจัยกระตุ้นให้มีการแยกกระบวนการของโครงการ โดยให้ผู้ชำนาญการในแต่ละด้านเป็นผู้ดำเนินการโครงการ ในแต่ละส่วน ซึ่งเป็นจุดเริ่มที่แยกกระบวนการออกแบบออกจากกระบวนการก่อสร้าง จึงทำให้ความเข้าใจในกระบวนการของแต่ละฝ่ายลดน้อยลง ส่งผลให้เกิดปัญหาตามมาในภายหลัง คือ มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงหรืออาจเกิดปัญหาไม่สามารถก่อสร้างได้ตามแบบ จากผลของปัญหาที่เกิดขึ้นนี้เอง จึงได้มีการพัฒนาหลักการวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) เพื่อลดต้นทุนการดำเนินการตลอดโครงการ (Project Life-

cycle cost : LCC) และการบริหารด้านการบริหารงานการก่อสร้าง (Construction Management Service) ซึ่งจะคำนึงถึงผลประโยชน์ของผู้ก่อสร้างในขั้นตอนการออกแบบและการวางแผน

หากเปรียบเทียบหลักการความสามารถก่อสร้างได้กับหลักการด้านคุณภาพในการบริหารโครงการได้แก่ TQM และวิศวกรรมคุณค่า แสดงดังรูป 2.4 สามารถสรุปข้อแตกต่างได้ดังตารางที่ 2.2 และตารางที่ 2.3



รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของหลักการความสามารถก่อสร้างได้ กับ หลักการวิศวกรรมคุณค่า และหลักการของ TQM (Hugo, 1990 อ้างถึงใน Russell, 1994)

ตารางที่ 2.2 แสดงความแตกต่างระหว่าง TQM กับความสามารถก่อสร้างได้

ลักษณะทางแนวความคิด	TQM	ความสามารถก่อสร้างได้
ผู้ผลักดัน	ลูกค้า	เจ้าของ ผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้าง
หลักการ	ทำสิ่งที่ถูกต้องเป็นอันดับแรก	หลีกเลี่ยงปัญหา ทำให้เกิดกระบวนการก่อสร้างที่เหมาะสม
การพัฒนา	Continuous Improvement – Measurement, Corrective Action	Document Lesson Learned - Program Progress Measurement, Corrective Action

โดยเป้าหมายของ TQM และความสามารถก่อสร้างได้ถ้าไม่ใช่เป้าหมายเดียวกันก็จะมีความคล้ายกันมาก กล่าวคือ หลักการความสามารถก่อสร้างได้เป็นส่วนที่จำเป็น งานก่อสร้างที่มีคุณภาพโดยวิธีการของความสามารถก่อสร้างได้ (Constructability Program) จะมุ่งเน้นให้เกิดการประสานงานระหว่างเจ้าของงาน ผู้ออกแบบ และผู้ก่อสร้างตั้งแต่ขั้นตอนในการวางแผนโครงการ ซึ่งต้องทำให้มีการใช้ทรัพยากรอันได้แก่ ความรู้และประสบการณ์ในการวางแผนและออกแบบเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการก่อสร้างสูงสุด

หลักการด้านความสามารถก่อสร้างได้สอดคล้องกับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นจุดประสงค์ของ TQM ข้อหนึ่ง กล่าวคือ มีการใช้ฐานข้อมูลจากโครงการที่ผ่านมาเป็นประสบการณ์ในการพัฒนาการออกแบบและวางแผนโครงการต่อไป นอกจากนี้ทั้ง TQM และ ความสามารถก่อสร้างได้ทั้งสองหลักการมุ่งเน้นความร่วมมือกันตั้งแต่ระดับผู้บริหารถึงผู้ปฏิบัติงานด้วย

ตารางที่ 2.3 แสดงความแตกต่างระหว่าง วิศวกรรมคุณค่า กับ ความสามารถก่อสร้างได้

หลักการ	วิศวกรรมคุณค่า	ความสามารถก่อสร้างได้
ประเด็นสำคัญ	ลดต้นทุนการดำเนินการตลอดโครงการ (LCC)	ทำให้เกิดกระบวนการก่อสร้างที่เหมาะสมในด้านค่าใช้จ่าย เวลา ความปลอดภัย และคุณภาพ
การจัดทำ	ระดมสมองเพื่อหาทางเลือกที่ให้คุณค่ามากที่สุด ในขณะที่แต่ละฝ่ายของกระบวนการก่อสร้างยังคงหน้าที่เดิม	รวมการบริหารโครงการ และตารางการทำงานเข้าด้วยกัน โดยใช้ประสบการณ์และความรู้ร่วมกันในการวางแผนและออกแบบก่อสร้าง
การนำไปใช้	ใช้ในขั้นตอนออกแบบ หรือใช้หลังจากการออกแบบเสร็จ เพื่อลดค่าใช้จ่าย	ตั้งแต่ Conceptual Planning Phase การออกแบบ การก่อสร้าง จนถึงการใช้งานโครงการ

จากตารางการเปรียบเทียบข้างต้นพบว่าจุดมุ่งหมายของหลักการวิศวกรรมคุณค่า คือ การลดต้นทุนการดำเนินโครงการ แต่หลักการความสามารถก่อสร้างได้จะพยายามทำให้เกิดกระบวนการก่อสร้างที่เหมาะสม (Construction Optimization) แม้จะเป็นเป้าหมายที่ต่างกัน แต่หากพิจารณาแล้วจะพบว่าการที่มีกระบวนการก่อสร้างที่เหมาะสมคือ เกิดปัญหาในขั้นตอนการก่อสร้างน้อยที่สุด จะส่งผลทำให้ต้นทุนโครงการลดลงด้วย ซึ่งเป็นส่วนที่สอดคล้องกัน

ในส่วนเวลาการจัดทำ วิธีวิศวกรรมคุณค่าดำเนินการตอนขั้นตอนออกแบบเพื่อที่จะลดค่าใช้จ่ายให้อยู่ในงบประมาณที่ต้องการ ซึ่งในแง่มุมของผู้ออกแบบอาจมองว่าวิศวกรรมคุณค่าเป็นการคัดค้านหรือการโจมตีการออกแบบของผู้ออกแบบ แต่หลักความสามารถก่อสร้างได้จะเริ่มตั้งแต่การวางแผนข้างต้น ไปจนถึงจบโครงการ ซึ่งทำให้มีข้อมูลที่มากกว่า รวมทั้งมีการเก็บประสบการณ์ในอดีตมาใช้ในการปรับปรุง กล่าวคือ หากใช้หลักการความสามารถก่อสร้างได้ก่อนการดำเนินการตามหลักการวิศวกรรมคุณค่าจะทำให้หลักการวิศวกรรมคุณค่าที่ทำมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2.4 หลักปฏิบัติ และอุปสรรคของการนำไปใช้งานเกี่ยวกับการออกแบบให้สามารถก่อสร้างได้

ในการศึกษาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการก่อสร้างอันมีผลเนื่องมาจากการออกแบบ และการนำเสนอแนวทางการออกแบบให้ง่ายต่อการก่อสร้างอาศัยแนวความคิดเกี่ยวกับหลักปฏิบัติเกี่ยวกับการออกแบบให้สามารถก่อสร้างได้ ดังนี้

2.4.1 หลักปฏิบัติเกี่ยวกับการออกแบบให้สามารถก่อสร้างได้

จากกการสำรวจในอุตสาหกรรมก่อสร้าง CIRIA. (1989 อ้างถึงใน Adams, 1989) ได้แบ่งแนวทางการปฏิบัติให้มีความสามารถสร้างได้ (Buildability) ที่ดีตามความจำกัดความขั้นต้นออกได้เป็น 3 หมวดหลักโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความง่ายต่อการเข้าใจ (Simplicity)

การออกแบบให้สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายจะเป็นการช่วยให้ผู้ก่อสร้างในการก่อสร้างอย่างมาก โดยการใช้แบบจำลองอย่างง่ายๆเพื่ออธิบายหลักการที่ยาก

2. การมีมาตรฐาน (Standardization)

เป็นการออกแบบที่มีการใช้ขนาดหน้าตัด หรือ รูปแบบการก่อสร้างซ้ำๆมากขึ้นแทนการที่จะให้หน้าตัดหรือขนาดตามที่ออกแบบได้โดยตรงจะทำให้ระดับการก่อสร้างได้สูงเนื่องจากมีผลทำให้การสั่งของ การเก็บของ และการนำมาใช้งานทำได้ง่ายกว่า และไม่สับสนเมื่อคนก่อสร้าง นอกจากนี้การทำงานที่ซ้ำๆกันจะทำให้ลดเวลาการก่อสร้างลงเนื่องจากผลการเรียนรู้งาน (Learning Curve Effect)

3. การสื่อสาร (Communication)

เนื่องจากแบบและข้อกำหนดในการก่อสร้างเป็นเครื่องมือในการสื่อสารระหว่างผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้าง การสื่อสารผ่านแบบที่ไม่ดีจะส่งผลทำให้เกิดปัญหาได้โดยสรุปดังนี้

3.1 การให้รายละเอียดที่ไม่ดีในขั้นตอนการออกแบบ

3.2 ความผิดพลาดและการให้ข้อมูลไม่เพียงพอของการทำแบบก่อสร้าง

3.3 การเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้าง

3.4 การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ก่อสร้างที่มีผลต่อแบบก่อสร้าง

Adams (1989) จากการสำรวจขั้นต่อมาพบว่า แนวทางในการปฏิบัติที่กำหนดไว้ข้างต้นยังไม่ครอบคลุมพอ จึงมีการพัฒนาแบ่งหลักปฏิบัติออกเป็น 16 หมวด และทำให้การประเมินการออกแบบให้สามารถก่อสร้างได้ เริ่มเป็นการวิเคราะห์สภาพของการก่อสร้างในหลายแง่มุม ตามหมวดที่แบ่งไว้ดังนี้

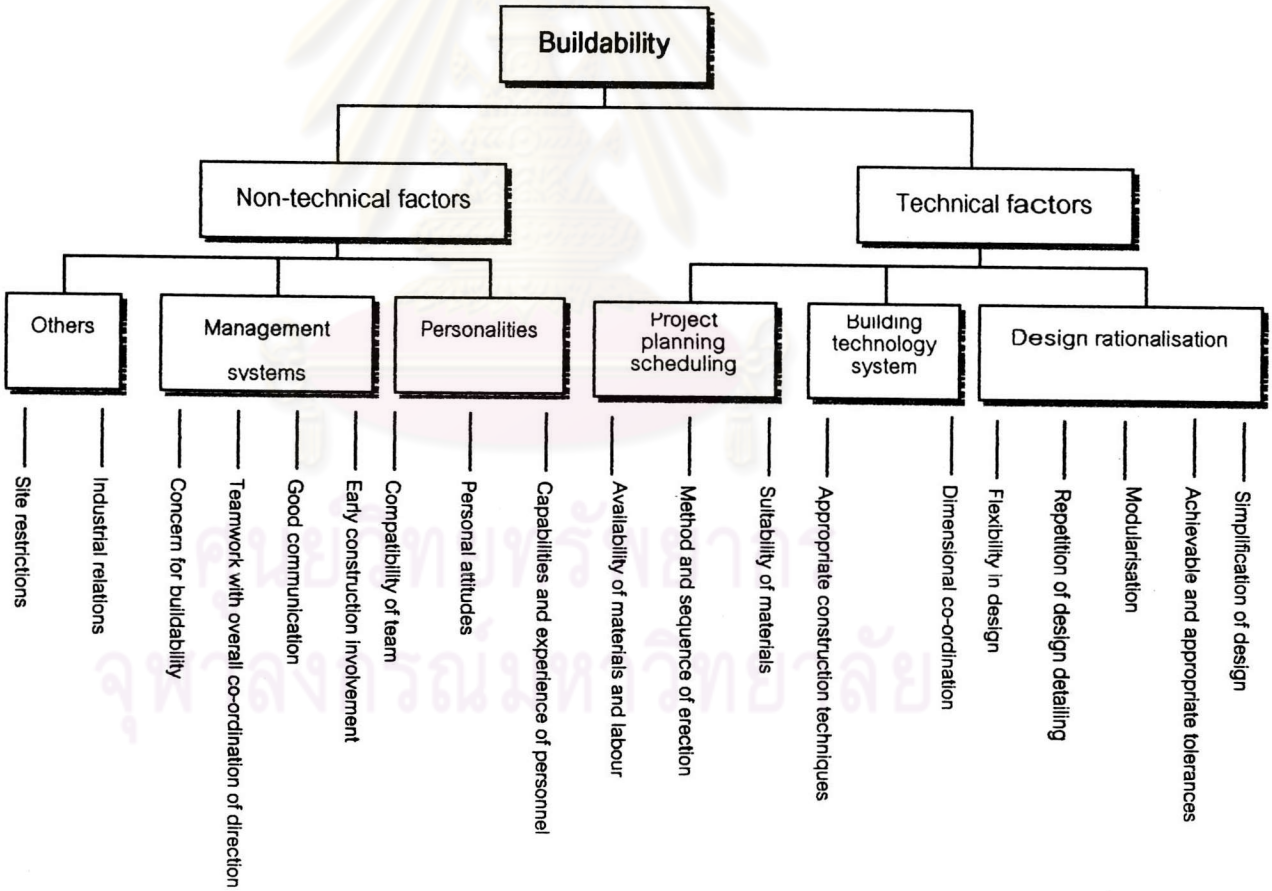
1. สำรวจพื้นที่ให้ทั่วบริเวณ (Investigate thoroughly) – เป็นการตรวจสอบเพื่อหาสภาพพื้นที่ที่จะส่งผลต่อแนวทางการดำเนินการโครงการ เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงในการเปลี่ยนแปลงแบบ และความล่าช้า
2. พิจารณาด้านทางเข้าพื้นที่ทำงาน (Consider access at the design stage) – ควรมีการตรวจสอบโดยรอบตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ เพื่อออกแบบให้ใช้วัสดุที่สามารถขนส่งไปที่พื้นที่ทำงานได้สะดวกในการก่อสร้างเท่านั้น
3. พิจารณาถึงที่เก็บของในขั้นการออกแบบ (Consider storage at the design stage) – เป็นการคิดถึงพื้นที่เก็บของต่างๆที่ใช้ในการก่อสร้าง โดยเฉพาะในพื้นที่ทำงานคับแคบอาจมีการออกแบบให้ใช้พื้นที่ทำงานเป็นที่เก็บวัสดุ
4. ออกแบบให้ใช้เวลาทำงานใต้ดินน้อยที่สุด (Design for minimum time below ground) – เพื่อป้องกันการเสียเวลาและค่าใช้จ่ายเนื่องจากความไม่แน่นอนของสภาพใต้ดิน เช่น สภาพดินเปียก น้ำใต้ดิน สารพิษที่อยู่ใต้ดิน การพังทลายจากน้ำหนักดิน เป็นต้น
5. มีการทำสิ่งโอบล้อมให้เร็วที่สุด (Design for early enclosure) – การมีสิ่งโอบล้อม เช่น รั้ว หลังคา ทำให้สามารถทำงานอื่นที่ตามมาได้สะดวกขึ้น และช่วยไม่ให้สูญเสียอัตราการทำงานเนื่องจากสภาพอากาศบริเวณพื้นที่ทำงาน
6. ใช้วัสดุที่เหมาะสม (Use suitable material) – ควรเลือกใช้วัสดุที่ได้รับการยอมรับทั่วไปในอุตสาหกรรมก่อสร้าง และเลือกใช้วัสดุที่ประกอบหรือติดตั้งโดยใช้วิธีการทั่วไปที่ปฏิบัติ
7. ออกแบบให้เหมาะสมกับทักษะคนงานที่มี (Design for the skill available) – คิดถึงทักษะคนงาน ณ สถานที่ทำการก่อสร้าง และออกแบบให้มีส่วนที่ต้องใช้ทักษะพิเศษในการก่อสร้างให้น้อยที่สุด
8. ออกแบบให้ง่ายต่อการประกอบ (Design for simple assembly) – พยายามออกแบบให้มีรายละเอียดที่เข้าใจง่ายและปฏิบัติได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และได้คุณภาพงานที่ดีขึ้น

9. วางแผนให้มีแบบมาตรฐานหรือมีการใช้ซ้ำให้มากที่สุด (Plan for maximum repetition/standardization) – เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ หรือเป็นการเพิ่มอัตราการทำงานและเป็นการลดเศษเหลือจากงานก่อสร้าง
10. ใช้เครื่องจักรที่มีให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด (Maximize the use of plant) – โดยมีการหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องจักรเช่น เครน เพื่อให้สามารถใช้งานได้ทั่วพื้นที่ก่อสร้าง
11. มีค่าเผื่อที่ยอมรับได้ (Allow for sensible tolerances) – ควรมีค่าเผื่อความผิดพลาดในการทำงานที่เหมาะสม โดยแบ่งแยกค่าเผื่อของงานที่ทำในโรงงานกับงานที่ทำในพื้นที่ก่อสร้างเพื่อให้มีคุณภาพและก่อสร้างได้ง่าย
12. มีขั้นตอนการทำงานที่ปฏิบัติจริงได้ (Allow a practical sequence of operation) – การออกแบบให้มีวิธีการก่อสร้างที่มีลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพ โดยลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานมีความสัมพันธ์กัน ไม่เกิดการขัดแย้งกัน
13. หลีกเลี่ยงการเรียกใช้ผู้ชำนาญการหลายครั้ง (Avoid return visits by trade) – แบบก่อสร้างควรเอื้อให้สามารถวางแผนในส่วนที่ต้องใช้ผู้ชำนาญการเข้ามาปฏิบัติงานได้ในครั้งเดียว หรือน้อยครั้งที่สุดที่เป็นไปได้
14. วางแผนหรือหลีกเลี่ยงการทำความเสียหายต่องานที่ตามมา (Plan to avoid damage to work by subsequent operations) – ไม่ควรออกแบบให้มีขั้นตอนก่อสร้างที่จะทำให้เกิดความเสียหายต่องานที่ทำแล้วเสร็จ
15. ออกแบบให้ก่อสร้างได้อย่างปลอดภัย (Design for safe construction) – ควรออกแบบให้มีขั้นตอนการก่อสร้างที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุให้น้อยที่สุด และสำหรับโครงการที่เป็นการซ่อมแซมควรคำนึงถึงความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุเนื่องจากโครงสร้างเดิมที่มีอยู่ด้วย
16. สื่อสารกันอย่างชัดเจน (Communicate) – มีการสื่อสารและนำเสนอข้อมูลต่างๆอย่างชัดเจนก่อนเริ่มขั้นตอนการก่อสร้าง

จากผลการวิจัยของมหาวิทยาลัยเมลเบอร์น โดย Hon, Gairns, and Wilson (1988 อ้างถึงใน Griffith and Sidewell, 1995) ซึ่งได้ทำการสำรวจการบริหารโครงการหลายๆ โครงการแล้วสรุปได้ว่า

- การที่ฝ่ายก่อสร้างมีส่วนร่วมในขั้นตอนการออกแบบมีผลอย่างมากต่อความสามารถในการก่อสร้างได้
- ความสัมพันธ์ที่ดีของฝ่ายออกแบบและฝ่ายก่อสร้างทำให้เกิดกำไรที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน
- การออกแบบที่ดูสมเหตุผล และมีการใช้ขนาดหน้าตัด หรือรูปแบบการสร้างซ้ำๆมากจะทำให้ระดับการก่อสร้างได้สูง
- ระดับการก่อสร้างที่ดีขึ้นกับปัจจัยทางด้านเทคนิค เช่น เทคโนโลยีการก่อสร้าง การวางแผนงานโครงการ และปัจจัยอื่นที่ไม่ใช่ทางด้านเทคนิคแต่เกี่ยวข้องกับการบริหารโครงการก่อสร้างซึ่งควรคำนึงถึงเพื่อให้ได้มีความสามารถก่อสร้างได้ดี

โดยปัจจัยทางด้านเทคนิคและปัจจัยอื่นๆที่ผลต่อความสามารถในการก่อสร้าง ที่ได้จากการสำรวจสามารถสรุปเป็นหมวดหมู่ได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถก่อสร้างได้ (Griffith and Sidewell, 1995)

2.4.2 อุปสรรคต่อการปรับปรุงความสามารถก่อสร้างได้

O'Connor and Miller (1994) การปรับปรุงความสามารถก่อสร้างได้ของโครงการก่อสร้างตามหลักการ แม้ว่าจะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายและเวลาโครงการ และยังเพิ่มประสิทธิภาพการของทำงานก็ตาม แต่การจะปฏิบัติให้เกิดผลนั้นต้องใช้ความพยายามเป็นอย่างสูง ประกอบกับการยึดติดกับการปฏิบัติงานแบบเดิมๆ ของผู้ที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้างในฝ่ายต่างๆ นั้นเป็นสิ่งที่กีดขวางการปรับปรุงความสามารถก่อสร้างได้ของโครงการ โดยปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการนำไปใช้งานมากที่สุดสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การต่อต้านจากเจ้าของโครงการ – เจ้าของโครงการโดยเฉพาะผู้ที่ไม่มีความรู้ความเข้าใจผลประโยชน์ที่ได้รับ และไม่เห็นความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงความสามารถก่อสร้างได้ เนื่องจากผลประโยชน์ที่ได้รับนั้นไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน แต่ค่าใช้จ่ายที่จะทำการปรับปรุงนั้นเห็นอย่างชัดเจน
2. ขั้นตอนการก่อสร้างที่นิยมปฏิบัติ – ในการปรับปรุงนี้อาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการทำงานให้ได้ผลที่ดีขึ้น ซึ่งอาจต่างไปจากขั้นตอนเดิมที่เคยปฏิบัติกัน จึงเกิดการคัดค้านต่อต้านที่จะเปลี่ยนวิธีการทำงานของตน
3. การแบ่งแยกทางสาขาอาชีพ – ในขั้นตอนการดำเนินโครงการก่อสร้างแบบเดิมๆ แต่ละสาขาอาชีพจะทำงานแยกออกจากกัน การที่จะมาร่วมกันพัฒนาความสามารถก่อสร้างได้ของโครงการนั้นจะเป็นการยาก ที่แต่ละสาขาอาชีพจะทำความเข้าใจเรื่องที่เป็นสาขาอื่น
4. แรงกระตุ้น – เนื่องจากระบบการจัดหาจัดจ้าง หรือระบบการประมูลแบบเดิม ไม่มีการกระตุ้นให้มีการทำงานร่วมกันที่ดีพอ
5. การศึกษา – พื้นฐานการศึกษาของแต่ละอาชีพเช่น วิศวกร สถาปนิก และผู้จัดการโครงการ ซึ่งแต่ละฝ่ายถูกสอนให้คำนึงถึงข้อกำหนดกฎเกณฑ์ของวิชาชีพตนโดยไม่มีความรู้เกี่ยวกับสาขาอาชีพอื่นซึ่งต้องมีส่วนร่วมในงานเดียวกัน
6. บุคคลกรที่มีคุณภาพ – เป็นการยากที่จะหาบุคคลกรที่มีอยู่เดิมที่มีศักยภาพ และทักษะที่เพียงพอ ต่อการพัฒนาความสามารถในการก่อสร้างได้ของโครงการที่ทำงานให้อย่างมีประสิทธิภาพจากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น

จากอุปสรรคที่กล่าวมาทั้งหมด ในการพัฒนาหลักการนี้จะต้องคำนึงถึงอุปสรรคที่ขัดขวางการดำเนินการตามหลักการ การเริ่มฝึกบุคคลกรให้เข้าใจหลักการนี้จะเป็นจุดเริ่มต้นและจุดเปลี่ยนแปลงการพัฒนาประสิทธิภาพของโครงการก่อสร้างขององค์กรได้ต่อไป

2.5 การประเมินความสามารถก่อสร้างได้ของแบบก่อสร้าง

การศึกษาเกี่ยวกับ การประเมินความสามารถก่อสร้างได้ของแบบก่อสร้างจากรูปแบบและวิธีการก่อสร้างที่ผู้ออกแบบนำมาใช้ในการออกแบบก่อสร้างโรงงาน อาศัยแนวความคิดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความสามารถก่อสร้างได้ของแบบก่อสร้าง รวมทั้งทฤษฎีอื่นๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษา แสดงได้ดังนี้

2.5.1 มาตรฐานการออกแบบเพื่อให้ก่อสร้างได้ (Buildable Design) ในประเทศสิงคโปร์ (Building and Construction Authority, 2000)

เนื่องจากในประเทศสิงคโปร์ได้มีการเล็งเห็นว่าในโครงการก่อสร้างต่างๆ มีความต้องการแรงงานจากต่างชาติเข้ามาทำงานในอัตราที่สูงขึ้น รวมถึงความต้องการทางด้านคุณภาพที่ดีขึ้น รัฐบาลสิงคโปร์จึงมีการผลักดันให้มีการพัฒนาประสิทธิภาพแรงงาน และสนับสนุนให้มีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบสำเร็จ (Pre-assembled product) มากขึ้น เพื่อพัฒนากำลังผลิตในด้านการก่อสร้าง และขจัดการทำงานที่เน้นแรงงานเป็นหลักออก แล้วแทนด้วยกระบวนการอื่นที่มีประสิทธิภาพมาใช้แทน

จากความต้องการดังกล่าวจึงได้มีแนวคิดที่จะออกมาตรฐานการออกแบบให้ก่อสร้างได้ดีขึ้น โดยมีการค้นคว้าวิจัยและประกาศให้ทราบในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 1999 และจะออกกฎหมายซึ่งมีผลบังคับใช้ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2001 โดยมีการกำหนดคะแนนในการก่อสร้างได้ต่ำสุดไว้สำหรับโครงการก่อสร้างอาคารที่เริ่มหลังปี ค.ศ. 2000 จะต้องมีการประเมิณคะแนนในการก่อสร้างและต้องไม่ต่ำกว่าคะแนนต่ำสุดที่มาตรฐานกำหนด

หลักเกณฑ์การให้คะแนนของมาตรฐานนี้อ้างอิงตามหลัก 3S คือ

Standardization – มีแนว grid ที่ซ้ำกัน มีขนาดและการเชื่อมต่อที่เหมือนกัน (เช่น ขนาดหน้าตัดเสา หน้าตัดคาน เป็นต้น)

Simplicity – กระบวนการก่อสร้างและการติดตั้งที่ไม่ซับซ้อน

Single integrated element – สามารถประกอบชิ้นส่วนย่อยๆ เข้าเป็นชิ้นเดียวที่โรงงานแทนการก่อสร้างที่ละส่วนที่หน้างาน

การให้คะแนนแบบการก่อสร้างอาคารของมาตรฐานนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การกำหนดคะแนนมาตรฐานของความสามารถก่อสร้างได้ (Building and Construction Authority, 2000)

ส่วน	คะแนนเต็ม	หมายเหตุ
ส่วนที่ 1 ระบบโครงสร้าง	50	ประเมินระบบโครงสร้างที่ใช้ในการก่อสร้าง
ส่วนที่ 2 ระบบผนัง	30	ประเมินระบบผนังที่ใช้ในการก่อสร้าง
ส่วนที่ 3 อื่นๆ	20	ประเมินด้านความเป็นมาตรฐานของขนาดหน้าตัด และการใช้ส่วนที่เป็นชิ้นส่วนหล่อสำเร็จ (Precast Component)

การบังคับใช้มาตรฐานดังกล่าวข้างต้นมิได้บังคับใช้กับอาคารทุกประเภทโดยจะบังคับใช้กับการก่อสร้างอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยรวม (Gross Floor Area) เกินกว่า 5,000 ตารางเมตร ทั้งนี้รวมถึงการต่อเติมอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยเกินกว่า 5,000 ตารางเมตรด้วย

คะแนนต่ำสุดจะกำหนดได้ต่ำสุดจะกำหนดไว้แตกต่างกันตามประเภทของอาคารและตามพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ระดับคะแนนความสามารถก่อสร้างได้ต่ำสุด (Building and Construction Authority, 2000)

CATEGORY OF BUILDING/ DEVELOPMENT	MINIMUM BUILDABILITY SCORE	
	5,000 m^2 ≤ GFA < 25,000	GFA ≥ 25,000 m^2
Residential (landed)	52	55
Residential (non-landed)	58	61
Commercial	65	68
Industrial	67	70
Institutional and others	64	67

และสำหรับอาคารที่มีมากกว่า 1 ประเภทในอาคารเดียวกัน เช่น อาคารที่พักอาศัยและส่วนที่ใช้สำหรับการค้าจะมีการคิดคะแนนต่ำสุดโดยเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามอัตราส่วนของพื้นที่ประเภทนั้นๆ ตัวอย่างเช่น อาคารที่มีพื้นที่ร้อยละ 70 เป็นที่พักอาศัย และร้อยละ 30 เป็นพื้นที่การค้าจะมีการคำนวณคะแนนต่ำสุดดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การคำนวณคะแนนกรณีอาคารมีการใช้งานหลายประเภท (Building and Construction Authority, 2000)

CATEGORY OF BUILDING	% OF BUILDING GFA	MINIMUM BUILDABILITY SCORE
		5,000 $m^2 \leq$ GFA $<$ 25,000
Residential (non-landed)	70% of GFA	70% of 58 = 40.5
Commercial	30% of GFA	30% of 65 = 19.5
The required minimum Buidability Score	100% of GFA	60 (rounded to nearest integer)

โดยสูตรการคำนวณคะแนนคำนวณได้ดังนี้

Buildability Score of Building = Buildability Score of Structural System (including Roof System) + Buildability Score of Wall System + Buildability Score of other Buildable Design Features

$$BS = 50\left[\sum(A_s x S_s)\right] + 30\left[\sum(A_w x S_w)\right] + N$$

where BS = Buildability Score

$A_s = A_{sa} / A_{st}$

$A_w = A_{wa} / A_{wt}$

A_s = Percentage of total floor area using a particular structural design

A_{st} – Total floor area which includes roof (project area) and basement area

A_{sa} = Floor area using the particular structural design

A_w = Percentage of total external & internal wall areas using particular wall design

A_{wt} = Total wall area, excluding perimeter wall of the basement. All internal walls in the basement are to be considered

A_{wa} = External & internal wall areas using particular wall design

S_s = Labour saving index for structural design

S_w = Labour saving index for external & internal wall design

N = Buildability Score for other buildable design features

โดยการให้คะแนนความสามารถก่อสร้างได้จากแบบการก่อสร้างในแต่ละส่วนแบ่งเป็น

1. **ระบบโครงสร้าง** (Structure system)

คะแนนคิดตามพื้นที่เป็นร้อยละที่ใช้ระบบโครงสร้างนั้นคูณด้วยดัชนีการลดการใช้แรงงาน (S_s) มีคะแนนเต็ม 50 คะแนน มีสูตรการคำนวณ คือ $50[\sum(A_s x S_s)]$

2. **ระบบผนัง** (Wall system)

คิดเช่นเดียวกับระบบโครงสร้างคือร้อยละพื้นที่คูณด้วยดัชนีการลดการใช้แรงงาน (S_w) ของระบบผนัง มีคะแนนเต็ม 30 คะแนน มีสูตรการคำนวณ คือ $30[\sum(A_w x S_w)]$

3. **ลักษณะด้านความสามารถก่อสร้างได้อื่น**

เป็นการพิจารณาว่ามีหลักการออกแบบที่ก่อให้เกิดการลดการใช้แรงงานที่หน้างาน มีคะแนนเต็ม 20 คะแนน

สำหรับการกำหนดคะแนนความสามารถก่อสร้างได้ของระบบโครงสร้าง ระบบผนัง และลักษณะด้านความสามารถก่อสร้างได้อื่นๆ ใช้พื้นฐานการคำนวณจากสมมุติฐานของอัตราการทำงานคนงาน (Based on Manpower Consumption)

ส่วนการกำหนดค่า Labour Saving Index (LSI) ของระบบโครงสร้าง และระบบผนัง แต่ละชนิด วัดจากอัตราการทำงานของคนงาน (Labour Productivity, Square Meter per Manday)

2.5.2 ทฤษฎีอรรถประโยชน์พหุลักษณ์

ทฤษฎีอรรถประโยชน์พหุลักษณ์ (Multi-Attribute Theory or Multi-Attribute Utility Technology) มีชื่อเรียกสั้นๆว่า "เอ็มเอยูที" (MAUT) เป็นวิธีการประเมินที่พัฒนามาจากศาสตร์ทางด้านการตัดสินใจ การประเมินแบบทฤษฎีอรรถประโยชน์พหุลักษณ์วัดผลได้ในรูปของอรรถ

ประโยชน์ ซึ่งคำว่าอรรถประโยชน์ เป็นศัพท์ที่บัญญัติโดยนักเศรษฐศาสตร์ ซึ่งหมายถึงคุณค่าหรือความพึงพอใจเกี่ยวกับผลลัพธ์ที่แสดงออกในเชิงปริมาณซึ่งบุคคลรู้สึกได้

2.5.2.1 หลักการทั่วไปของเทคนิคเอ็มเอยูที

Edwards, Guttentag, and Snapper (1975) ; Posavac and Carey (1980) ; Edwards and Newman (1982) ; Norman (1994) ได้กล่าวถึงหลักการทั่วไปของเทคนิคเอ็มเอยูที ว่าเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการประเมินทางเลือก ผลจากการประเมินจะให้สารสนเทศ ที่จะนำไปใช้ในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่สามารถทำให้การดำเนินงานบรรลุผลตามเป้าหมาย หลักการของเทคนิคเอ็มเอยูที จึงอยู่ที่ทำการกำหนดเป้าหมายที่ต้องการบรรลุผลขึ้นก่อน เพื่อใช้เป็นแนวทางการประเมินทางเลือก ซึ่งเป้าหมายที่ต้องการบรรลุผลนั้นต้องมีการถ่วงน้ำหนักความสำคัญก่อน จากนั้นทำการประเมินอรรถประโยชน์ของทางเลือกตามเป้าหมายที่กำหนด แล้วนำผลการประเมินมาประมวลผลร่วมกับน้ำหนักความสำคัญของเป้าหมาย เพื่อหาอรรถประโยชน์รวมของทางเลือก ซึ่งทางเลือกที่มีอรรถประโยชน์รวมสูงสุดเป็นทางเลือกที่ควรได้รับการพิจารณาก่อน

2.5.2.2 กระบวนการการใช้เทคนิคเอ็มเอยูที

กระบวนการใช้เทคนิคเอ็มเอยูทีในการประเมินทางเลือกสามารถสรุปเป็นแนวทางดำเนินการได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดผู้มีส่วนร่วมในการประเมินทางเลือก หรือผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียกับการประเมิน (Stakeholder)

ขั้นตอนที่ 2 ระบุประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการประเมิน

ขั้นตอนที่ 3 ระบุทางเลือกที่เกี่ยวข้อง

ทางเลือกในที่นี้หมายถึง วัตถุ สิ่งของ สถานที่ หรือแนวทางการปฏิบัติซึ่งสามารถแก้ปัญหาตามที่ระบุไว้ได้แต่มีข้อดีข้อเสียต่างกัน โดยผู้ประเมินหวังว่าทางเลือกที่ได้รับคัดเลือกนั้นเป็นทางเลือกที่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้เลือกและบุคคลทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดคุณลักษณะที่ใช้ในการเลือกทางเลือก

ในขั้นตอนนี้ ผู้ที่มีส่วนร่วมในการประเมินจะช่วยกันระดมความคิดเห็น เพื่อกำหนดคุณลักษณะหรือประโยชน์ที่จะได้รับจากทางเลือกนั่นเอง ซึ่งอาจรวมถึงเป้าหมายที่ต้องการบรรลุผลของการดำเนินงานก็ได้ คุณลักษณะที่กำหนดขึ้นนี้จะเป็นแนวทางสำคัญในการประเมินทางเลือกต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 การกำหนดน้ำหนักความสำคัญ (Weights) ให้กับคุณลักษณะที่ใช้ในการเลือกทางเลือก

โดยวิธีการกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับคุณลักษณะที่ใช้ในการเลือกทางเลือกที่ใช้ในเทคนิคเอ็มเอยูที แสดงดังนี้

- การกำหนดน้ำหนักความสำคัญเท่ากัน (Equal or Unit Weighting)
- การใช้ Rank Weighting Techniques
  - Rank Sum Weight
  - Rank Reciprocal Weight
- การใช้น้ำหนักเปรียบเทียบ (Ratio Weighting)
- การใช้มาตรประมาณค่า (Rating Scale)
- การแบ่งผลรวม (Dividing points)

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินอรรถประโยชน์ของทางเลือก(Utilities or Location Measures)

อรรถประโยชน์เป็นสิ่งสะท้อนให้เห็นความพึงพอใจของผู้ประเมินที่มีต่อทางเลือกแล้วแสดงออกในเชิงปริมาณ การประเมินอรรถประโยชน์ของทางเลือกดำเนินการใน 2 ลักษณะคือ การประเมินอรรถประโยชน์ของทางเลือกตามคุณลักษณะเชิงปรนัย (Objective Dimension) และการประเมินอรรถประโยชน์ของทางเลือกตามคุณลักษณะเชิงอัตวิสัย (Subjective Dimension) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- **การประเมินอรรถประโยชน์ของทางเลือกตามคุณลักษณะเชิงปรนัย**

คุณลักษณะเชิงปรนัยหมายถึง คุณลักษณะที่สามารถระบุหน่วยวัดได้อย่างแน่นอน เช่น คุณลักษณะที่มีหน่วยวัดเป็นพื้นที่ ระยะทาง เวลา เป็นต้น

- **การประเมินอรรถประโยชน์ของทางเลือกตามคุณลักษณะเชิงอัตวิสัย**

การประเมินอรรถประโยชน์ของทางเลือกเมื่อพิจารณาตามคุณลักษณะเชิงอัตวิสัยเป็นการประเมินอรรถประโยชน์ของทางเลือกโดยใช้อัตวิสัย (Subjective Judgment) ของผู้ประเมิน ซึ่งมีวิธีการประเมิน 2 แบบ ที่สำคัญคือ การกำหนดความน่าจะเป็น (Probability) และการประมาณค่า (Rating)

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณอรรถประโยชน์รวมของทางเลือก

อรรถประโยชน์รวมของแต่ละทางเลือกคำนวณได้ดังนี้

1. คูณอรรถประโยชน์แต่ละค่าด้วยน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะนั้นๆ
2. คำนวณค่าอรรถประโยชน์รวมของแต่ละทางเลือกด้วยการรวมค่าของผลคูณจากข้อ 1 โดยสมการในการคำนวณคือ (Guttentag and Snaper, 1974 อ้างถึงใน Posavac, 1980)

$$U_i = \sum W_j U_{ij}$$

โดยที่ U_i หมายถึง ค่าอรรถประโยชน์รวมที่จะได้รับจากแต่ละทางเลือก

W_j หมายถึง น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะที่ใช้ในการเลือกทางเลือก

U_{ij} หมายถึง อรรถประโยชน์ของแต่ละทางเลือกเมื่อตัดสินตามคุณลักษณะที่ใช้ในการเลือกทางเลือก

ขั้นตอนที่ 8 จัดอันดับของทางเลือก

การจัดอันดับความสำคัญของทางเลือกนั้นพิจารณาจากอรรถประโยชน์รวมของทางเลือก ซึ่งทางเลือกที่มีอรรถประโยชน์รวมสูงถือว่าเป็นทางเลือกที่ก่อให้เกิดประโยชน์มากกว่าและสมควรได้รับการพิจารณาความสำคัญก่อนทางเลือกที่มีอรรถประโยชน์รวมน้อยกว่า

2.6 บทสรุป

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปแนวทางที่นำไปประยุกต์ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดยแยกตามส่วนของการวิจัยได้ดังนี้

ในการวิเคราะห์หาปัญหาอันเนื่องมาจากคุณภาพแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง ของโครงการก่อสร้างโรงงาน ได้นำแนวความคิดเกี่ยวกับการศึกษาคุณภาพในการออกแบบโครงการก่อสร้างประกอบกับการสัมภาษณ์ผู้รับเหมาก่อสร้างโรงงาน เพื่อนำมาแจกแจงถึงปัญหาในขั้นตอนการก่อสร้างที่เกิดขึ้นจากคุณภาพแบบที่ใช้ในการก่อสร้างโรงงาน

ส่วนการหาแนวทางการแก้ปัญหา รวมทั้งการนำเสนอแนวทางของการออกแบบก่อสร้างให้สะดวกต่อการทำงานของผู้รับเหมา ของโครงการก่อสร้างโรงงานนั้น ได้นำรายละเอียดของแนวความคิด หลักการ หลักปฏิบัติ และปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหลักการการออกแบบให้สามารถก่อสร้างได้ (Buildability) เพื่อนำมากำหนดโครงสร้างของแบบสัมภาษณ์ผู้รับเหมาโรงงาน ถึงแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการออกแบบ และแนวทางของการออกแบบก่อสร้างให้สะดวกต่อการทำงานของผู้รับเหมา ต่อไป

ในส่วนของการสร้างแบบโครงร่างสำหรับประเมินความสะดวก หรือความเหมาะสมในการก่อสร้างจากแบบการก่อสร้างโรงงานที่ทำการออกแบบแล้วเสร็จ ในรูปของคะแนนเชิงปริมาณ (Quantitative) ได้จากการรวบรวมปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบให้สามารถก่อสร้างได้อันเนื่องมาจากรายละเอียดของแบบก่อสร้าง และการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยจากการประยุกต์ใช้ทฤษฎีอรรถประโยชน์พหุลักษณ์ เพื่อนำมาสร้างเป็นแบบโครงร่างโดยให้ผู้รับเหมาก่อสร้างที่นำแบบก่อสร้างไปใช้ในขั้นตอนของการก่อสร้าง เป็นผู้ประเมินคะแนนความสะดวกหรือความเหมาะสมในการก่อสร้างจากปัจจัยดังกล่าว ซึ่งแบบโครงร่างที่นำเสนอนี้จะใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้ออกแบบคำนึงถึงการออกแบบ ที่ทำให้ผู้รับเหมาก่อสร้างสามารถทำการก่อสร้างได้สะดวก และใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับ (Feed Back) ไปยังผู้ออกแบบ เพื่อให้ผู้ออกแบบนำมาปรับปรุง แก้ไขการออกแบบให้ดียิ่งขึ้นในภายหลัง

สำหรับการนำเสนอแบบจำลองการประเมินความสามารถก่อสร้างได้ในด้านของการลดระยะเวลาและการลดจำนวนแรงงานที่ใช้ในการก่อสร้าง จากรูปแบบการก่อสร้างที่ผู้ออกแบบนำมาใช้ในการออกแบบก่อสร้างโรงงาน ในรูปของคะแนนเชิงปริมาณ เพื่อให้ผู้ออกแบบและเจ้าของ

งานใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกรูปแบบการก่อสร้างในขั้นตอนของการออกแบบ ร่วมกับความต้องการของเจ้าของโครงการในการใช้ประโยชน์ ราคาค่าก่อสร้าง และความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในสถานที่ก่อสร้าง อาศัยแนวความคิดจากแบบจำลองการประเมินความสามารถก่อสร้างได้ของประเทศสิงคโปร์ ในเรื่องของการพัฒนากำลังผลิตในด้านการก่อสร้าง และขจัดการทำงานที่เน้นแรงงานเป็นหลักออก แล้วแทนด้วยกระบวนการอื่นที่มีประสิทธิภาพมาใช้แทนเพื่อให้สะดวกต่อการดำเนินงานก่อสร้างของผู้รับเหมาก่อสร้าง และแนวความคิดเกี่ยวกับการกำหนดคะแนนความสามารถก่อสร้างได้ของรูปแบบการก่อสร้างที่นำมาใช้ในการออกแบบ โดยวัดจากอัตราการทำงาน (Man–Day) ที่ใช้ในการก่อสร้าง รวมถึงการประยุกต์ใช้ทฤษฎีอรรถประโยชน์พหุลักษณ์เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองดังกล่าว

จากการศึกษาวิจัยดังกล่าว จะส่งผลให้แบบที่นำไปใช้ในการก่อสร้างโรงงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถกระตุ้นให้มีการพัฒนาประสิทธิภาพของแบบก่อสร้างในโครงการก่อสร้างชนิดอื่นๆ ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย