บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

บทนี้เป็นการนำเสนอแนวความคิดเกี่ยวกับ การวางแผนงานการก่อสร้าง, วิธีก่อสร้างชั้นใต้ดิน, การก่อสร้างชั้นใต้ดินลึกวิธีปกติ, ความเป็นมาและ การก่อสร้างวิธี อัป/ดาวน์

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการวางแผนงานการก่อสร้าง

2.1.1 การวางแผน

วิวัฒน์ แสงเทียน, มนูญ นิจโภค และ วิฑูรย์ เจียสกุล (2527) ได้กล่าวถึงการวางแผนไว้ดังนี้ การวางแผนเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการจัดการงานก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในช่วงของการดำเนินการก่อสร้างและควบคุมงานก่อสร้าง การวางแผนและควบคุมโครงการก่อสร้างที่มี ประสิทธิภาพ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในปัจจุบัน เพราะปัจจัยสำคัญ คือ เงินและเวลามีอยู่เป็นจำนวนจำกัด นอกจากนี้ การวางแผนยังเป็นส่วนประกอบสำคัญในการควบคุมโครงการ ถ้าหากว่าไม่มีการวางแผนหรือวางแผนเอาไว้ไม่ถูกต้องและพอดี การควบคุมโครงการก็จะทำไม่ได้หรือทำได้ลำบาก เนื่องจากไม่มีข้อมูลที่จะใช้ตรวจสอบความก้าวหน้าหรือสถานภาพของโครงการ ทำให้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาข้อขัดข้องและอุปสรรคต่าง ๆ ได้ ในขณะเดียวกันการทำงานที่มีการวางแผน เป็นการทำงานที่ดี รอบคอบ ทำให้เกิดความผิดพลาดในการทำงานน้อย

นอกจากนี้ วิวัฒน์ แสงเทียน และคณะ (2527) ยังได้ให้ความหมายของการวางแผนไว้ 3 ความหมาย ดังนี้

1) การวางแผน หมายถึง การเลือกสรร และการสร้างความสัมพันธ์ของข้อเท็จจริงต่าง ๆ ตลอดจนการตั้งสมมุติฐาน และให้สมมุติฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอนาคต เพื่อที่จะสรรหาและจัดรูปแบบของกิจกรรมต่าง ๆ ที่เชื่อว่าจะทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้

2) การวางแผน หมายถึง เทคนิคการมองล่วงหน้าอย่างมีระบบ เป็นการพยากรณ์การปฏิบัติงานในอนาคตว่าจะต้องทำอะไรบ้าง ทำเมื่อไร และที่ไหน เพื่อให้งานสำเร็จตามวัตถุประสงค์

3) การวางแผน หมายถึง การตัดสินใจล่วงหน้าว่า จะทำอย่างไร ทำอะไร ทำเมื่อไร และใครเป็นผู้ทำ

โสภณ แสงไพโรจน์ (อ้างใน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2534) ได้กล่าวถึง การวางแผนไว้ว่า การวางแผน หมายถึง การจัดเตรียมเพื่อที่จะกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งไว้ล่วงหน้า โดยมีการจัดแบ่งขั้นตอน จัดลำดับของงาน หรือกำหนดวิธีทำงาน พร้อมจะกำหนดเวลาที่ต้องใช้เพื่อการทำงานนั้นไว้ด้วย การวางแผนจะเป็นขั้นตอนแรกของการบริหารงาน ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์

Ritz (1990) ได้กล่าวถึงการวางแผนไว้ว่า การวางแผนเป็นสะพานเชื่อมช่องว่างจากปัจจุบันไปสู่อนาคต ตามที่ต้องการ และทำให้สิ่งต่าง ๆ เกิดขึ้นตามที่ต้องการ ถึงแม้ว่าเหตุการณ์ในอนาคตเป็นสิ่งยากต่อการคาดหมาย แต่ก็ดีกว่าที่จะปล่อยให้เกิดขึ้นตามยถากรรม

Illingworth (1993) ได้ให้ความหมายของการวางแผนการก่อสร้างไว้ว่า การวางแผนการก่อสร้าง หมายถึง ความเข้าใจว่าจะก่อสร้างอะไร แล้วกำหนดวิธีการก่อสร้าง เครื่องจักร อุปกรณ์ บุคลากร และแรงงานให้ถูกต้องกับการทำงาน เพื่อให้งานก่อสร้างมีความปลอดภัย ได้คุณภาพ รวมทั้งมีแนวทางที่ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการ

2.1.2 ความสำคัญของการวางแผน

วิวัฒน์ แสงเทียน และคณะ (2527) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการวางแผนว่า การวางแผนงานก่อสร้าง เป็นงานส่วนหนึ่งที่สำคัญ ของการจัดการงานก่อสร้างทุกประเภท จำเป็นจะต้องกำหนดขั้นตอนการทำงานไว้ให้ชัดเจน ถ้าเป็นงานก่อสร้างขนาดใหญ่ หรือเป็นงานประเภทที่ไม่เคยปฏิบัติหรือมีประสบการณ์มาก่อน อาจเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากหรือเป็นไปไม่ได้

เลย ที่จะจัดการงานก่อสร้างนั้นให้ดำเนินไปได้อย่างราบรื่น ถ้างานนั้นไม่มีการจัดเตรียมแผนงานไว้ล่วงหน้า อย่างละเอียดชัดเจน

การวางแผนและควบคุมโครงการที่ดีนั้น ช่วยทำให้การดำเนินโครงการเป็นไปอย่างมีระเบียบแบบแผนช่วยให้การจัดสรรทรัพยากร (วัสดุ เงิน แรงงาน ฯลฯ) มีประสิทธิภาพ ช่วยให้สามารถรู้เหตุขัดข้องที่เกิดขึ้น ทำให้รู้ตัว และแก้ไขได้เนิ่น ๆ ช่วยปรับปรุงเวลาการทำงาน ทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่าย

2.1.3 วิธีการวางแผน

โสภณ แสงไพโรจน์ (อ้างใน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2534) ได้กล่าวถึง วิธีการวางแผนไว้ว่า แต่ละคน อาจมีการวางแผนงานของตนตามความรู้ หรือความชำนาญ หรือ ประสบการณ์ที่มีอยู่ ถ้าจะแบ่งถึงวิธีการที่ปฏิบัติกันอยู่ทั่วไป อาจจัดการแบ่งวิธีการวางแผนงานได้ 3 ลักษณะ คือ

1) กำหนดคิดไว้ในใจ คือ การคิดนึกว่าจะทำอย่างนั้น จะทำอย่างนี้ แล้วปฏิบัติไปตามที่คิด

2) ด้วยวิธีจดบันทึกไว้เป็นขั้นตอน วิธีนี้ดีกว่าวิธีแรก เพราะผู้วางแผนจะจัดทำไว้ล่วงหน้า และสามารถนำมาศึกษา ทบทวน สำรวจหาสิ่งบกพร่องต่าง ๆ ก่อนที่จะเริ่มงาน วิธีนี้จะมีขั้นตอนการทำงานมากขึ้น และจะสรุปขั้นตอนหรือหัวข้อของงานที่สำคัญไว้ พร้อมกับกำหนดเวลาของแต่ละขั้นตอนนั้นไว้

3) การวางแผนให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นระบบ วิธีนี้จะดีกว่าสองวิธีแรก โดยมีการจัดทำเป็นรูปแบบตารางทำงานแบบแท่ง (Barchart) ระบบผังงานโครงข่ายแบบวิธีหาแนวทางวิกฤต (Critical Path Method - CPM) เป็นต้น ระบบต่าง ๆ เหล่านี้เป็นวิธีการคิดตามแนวทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนำเอาโครงการที่มีระยะเวลาทำงานช่วงที่อาจนานเป็นเดือนหรือปี มาสรุปไว้ในหน้ากระดาษเพียงแผ่นเดียว จึงสามารถทราบ และเข้าใจ ถึงขั้นตอน และแผนงานทั้งหมดได้อย่างรวดเร็ว ตรวจสอบข้อขัดข้องที่อาจเกิดจากแผนนั้นได้ง่าย สามารถติดตาม และควบ

คุมการทำงานได้สะดวก การวางแผนด้วยระบบดังกล่าวนี้ จึงเหมาะทั้งงานที่มีหน่วยงานหลายหน่วยงานทำงานรวมกันอยู่ มีระยะเวลาเสร็จงานนาน และนิยมใช้กับงานวางแผนระยะยาว

2.1.4 ระบบการวางแผนงานก่อสร้าง

วิวัฒน์ แสงเทียน และคณะ (2527) ได้กล่าวถึง ระบบการวางแผนงานการก่อสร้างว่า การวางแผนงานก่อสร้าง จะเป็นแผนงานหลักที่จะระบุถึง การทำงานของหน่วยงานต่าง ๆ ที่ต่อเนื่องสัมพันธ์กัน ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จงานของแต่ละหน่วยงานนั้น ทั้งจะกำหนดช่วงเวลาทำงานไว้รวมทั้งจุดเริ่มต้นและจุดเสร็จงาน และจะเป็นส่วนกำหนดเวลาทำงานทั้งหมดของโครงการนั้นไว้ด้วย และด้วยแผนงานหลักนี้ จะเป็นการกำหนดไว้ชัดเจนด้วยลายลักษณ์อักษร เพื่อให้ทุกฝ่ายที่ร่วมทำงานกันอยู่ ได้เข้าไปถึงขอบเขตของโครงการทั้งหมด

เนื่องจากงานก่อสร้างเป็น โครงการที่มีสภาพการทำงาน ที่สลับซับซ้อนประกอบด้วยทรัพยากรหลายประเภทเข้ามาเกี่ยวข้องประสานกัน การวางแผนจึงต้องจัดให้เป็นระบบเพื่อให้สะดวกต่อการจัดทำแผนในเบื้องต้น

ระบบการวางแผนงานก่อสร้าง ที่ยอมรับว่าเป็นระบบที่ดีและเหมาะสม ทั้งฝ่ายเจ้าของงานและฝ่ายผู้รับเหมาก่อสร้าง ได้แก่ ระบบตารางเวลาทำงานแบบแท่งหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า ระบบบาร์ชาร์ท (Barchart) นอกจากนี้ก็มีระบบวิธีหาแนวทางวิกฤต (Critical Path method - CPM) ระบบการประเมินผลงานและปรับปรุงแก้ไข (Project Evaluation and Review Technique - PERT) ระบบวงจรกำหนดก่อน (Precedence Network) และระบบการจัดการก่อสร้างแบบสมดุล (Line of Balance) เป็นต้น (Barrie and Paulson, 1978) และเนื่องจากระบบการวางแผนงานก่อสร้างข้างต้นเป็นเพียงเทคนิคและเครื่องมือ (Technique and Tools) ที่ใช้สำหรับการวางแผนเท่านั้นหากไม่มีความเข้าใจถึงระบบวิธีการก่อสร้างที่ทำแล้ว ก็จะไม่มีประโยชน์อะไร (Laufer และคณะ, 1993)

นอกจากนี้ วิวัฒน์ แสงเทียน และคณะ (2527) ยังได้ให้ความเห็นไว้ว่า ผู้ที่จะวางแผนงานได้ดี จะต้องเป็นผู้ที่มีความเข้าใจถึงกระบวนการทำงานของโครงการนั้นอย่างชัดแจ้ง สามารถสร้างจินตนาการถึงการทำงานในส่วนต่าง ๆ ของหน่วยงานได้ทุกขั้นตอน งานวางแผน

จึงต้องการผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ และมีประสบการณ์ในเรื่องหรือในงานนั้นมาแล้วเป็นอย่างดี เป็นผู้จัดทำ

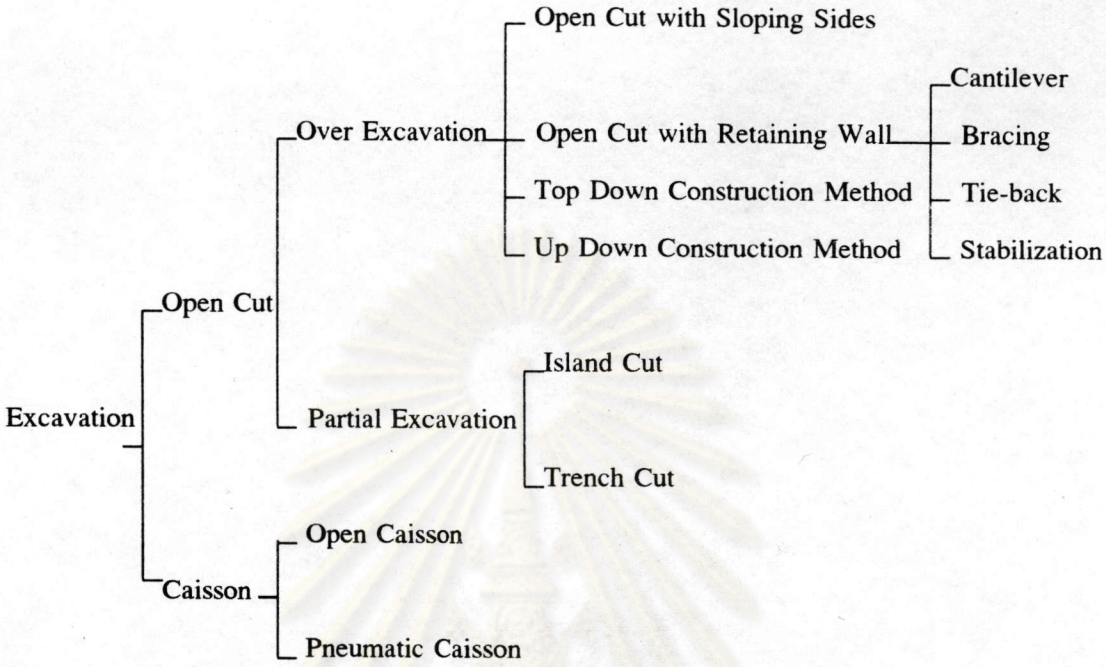
จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เกี่ยวกับการวางแผนงานก่อสร้างทั้งหมด พอสรุปได้ว่า การวางแผนงานก่อสร้าง เป็นการวางแผนเพื่อเตรียมการก่อสร้างในอนาคตไว้ล่วงหน้าอย่างมีความเข้าใจถึงระบบการก่อสร้างทุกขั้นตอนว่าจะสร้างอะไร ใช้วิธีการก่อสร้างอย่างไร ก่อนลงมือก่อสร้างจริง เพื่อให้งานก่อสร้างมีความปลอดภัย ได้คุณภาพ รวมทั้งมีแนวทางที่ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการ

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ เน้นถึงการศึกษาการวางแผนงานก่อสร้างวิธี อัป/ดาวน์ ในแง่ระบบการก่อสร้าง แต่ไม่ได้เน้นถึงเรื่องเทคนิคและเครื่องมือ (Technique and Tools) ในการนำมาใช้วางแผน เช่น Barchart CPM ซึ่งได้มีการศึกษากันมามากแล้ว (Laufer และคณะ, 1993)

2.2 <u>วิธีการก่อสร้างห้องใต้ดิน</u>

การก่อสร้างห้องใต้ดินหรือชั้นใต้ดินนั้น มีหลายวิธีที่ใช้แพร่หลายตามความเหมาะสมของสภาพชั้นดินและสถานการก่อสร้าง การก่อสร้างชั้นใต้ดินสิ่งสำคัญ ก็คือ ต้องไม่เกิดการพังทลายของดิน การเคลื่อนตัวหรือ เกิดการทรุดตัวของดินมากเกินไป จนเกิดความเสียหายต่อสิ่งปลูกสร้าง และสภาพแวดล้อมข้างเคียง ขณะขุดดินทำชั้นใต้ดิน (Institution of Structural Engineers, 1975)

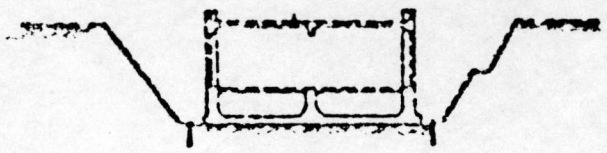
Sasaki (1989) ได้กล่าวว่า วิธีการก่อสร้างชั้นใต้ดินนั้นสามารถแบ่งแยกตามวิธีการขุดดิน (Excavation Method) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วิธีการก่อสร้างชั้นใต้ดินแบ่งแยกตามวิธีการขุดดิน
(Sasaki,1989)

แต่ละวิธีแบ่งแยกตามวิธีการขุดดินและระบบโครงสร้างกันดิน ซึ่งได้กล่าวอธิบายดังต่อไปนี้

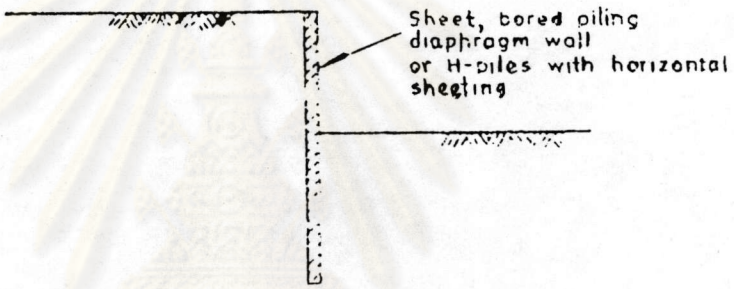
2.2.1 วิธีขุดดินแบบเปิดโล่งลาดเอียง (Open Cut with Slopping Sides Method) เป็นวิธีการก่อสร้างที่ขุดดินแบบเปิดโล่ง อาศัยเสถียรภาพความลาดเอียงของดินที่แข็งแรงพอเพียง เหมาะสำหรับพื้นที่รอบ ๆ บ่อขุดมีเพียงพอ พื้นที่ก่อสร้างขนาดใหญ่และมีชั้นใต้ดินตื้น แต่ไม่เหมาะสำหรับดินอ่อนมาก อีกทั้งวิธีนี้ต้องมีการถมกลับจำนวนมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 วิธีขุดดินแบบเปิดโล่งลาดเอียง (Open Cut with Slopping Sides Method)
(Sasaki,1989)

2.2.2 วิธีขุดดินแบบเปิดโล่งใช้กำแพงกันดิน (Open Cut With Retaining Wall Method) เป็นวิธีการก่อสร้างที่ขุดแบบเปิดโล่ง โดยใช้ระบบกำแพงกันดินป้องกันดินขณะขุดดิน ซึ่งมีหลายวิธีดังต่อไปนี้

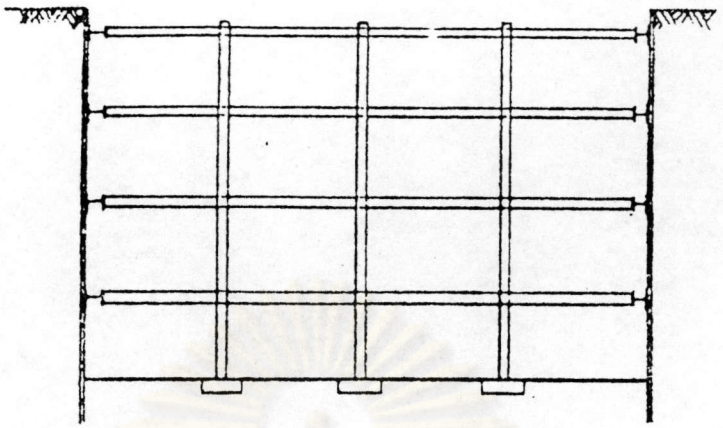
2.2.2.1 วิธีแคนทิลิเวอร์ (Cantilever Method) เป็นวิธีการก่อสร้างที่ใช้กำแพงกันดินทำหน้าที่เป็น Cantilever Sheet Pile รับแรงดันดินโดยไม่ใช้ระบบค้ำยันภายในพื้นที่ขุดดิน ซึ่งสะดวกต่อการทำงาน แต่ไม่เหมาะสำหรับงานขุดดินลึกมาก เนื่องจากจะเกิดโมเมนต์สูง กำแพงกันดินต้องมีขนาดใหญ่มาก ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 วิธีแคนทิลิเวอร์ (Cantilever Method)

(Institution of Structural Engineers, 1975)

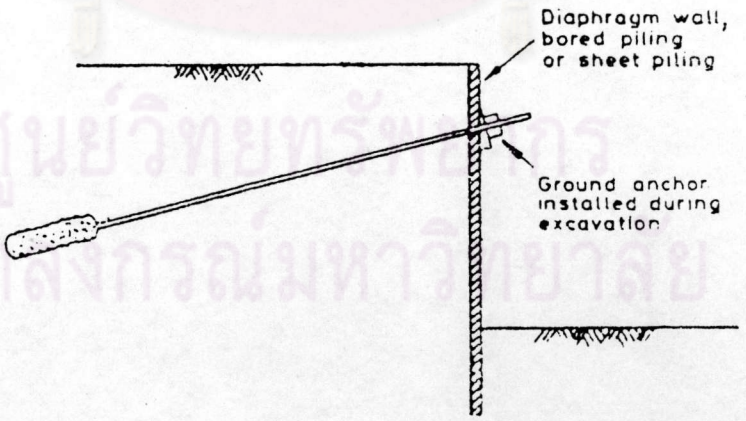
2.2.2.2 วิธีค้ำยัน (Bracing Method) เป็นวิธีการก่อสร้างที่ใช้ระบบค้ำยันชั่วคราวค้ำยันกำแพงกันดิน ซึ่งสามารถใช้ในงานขุดดินลึกมากได้ โดยเฉพาะเขตพื้นที่จำกัดในเมืองใหญ่ ๆ แต่ถ้าขุดดินลึกมากวิธีนี้จะใช้เวลาในการก่อสร้างนาน เพราะต้องรอขุดดินแล้วเสร็จ จึงจะก่อสร้างฐานรากและและอาคารขึ้นมาได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 วิธีค้ำยัน (Bracing Method)

(Institution of Structural Engineers, 1975)

2.2.2.3 วิธียึดรั้ง (Tie Back Method) เป็นวิธีการก่อสร้างที่จะใช้ระบบการยึดรั้งกำแพงกันดินด้วยลวดเหล็ก โดยการเจาะเข้าไปในชั้นใต้ดินนอกพื้นที่โครงการก่อสร้าง ซึ่งส่วนมากนิยมใช้กับชั้นดินแข็งหรือชั้นหิน การขุดดินและการก่อสร้างภายในจะทำได้สะดวก แต่วิธีนี้ต้องมีความสามารถใช้พื้นที่รอบบ่อขุดในการเจาะฝังลวดเหล็กได้เท่านั้น ไม่เหมาะสำหรับในเขตเมืองที่มีอาคารอยู่รอบข้างและในพื้นที่มีชั้นดินอ่อน ดังแสดงในรูปที่ 2.5

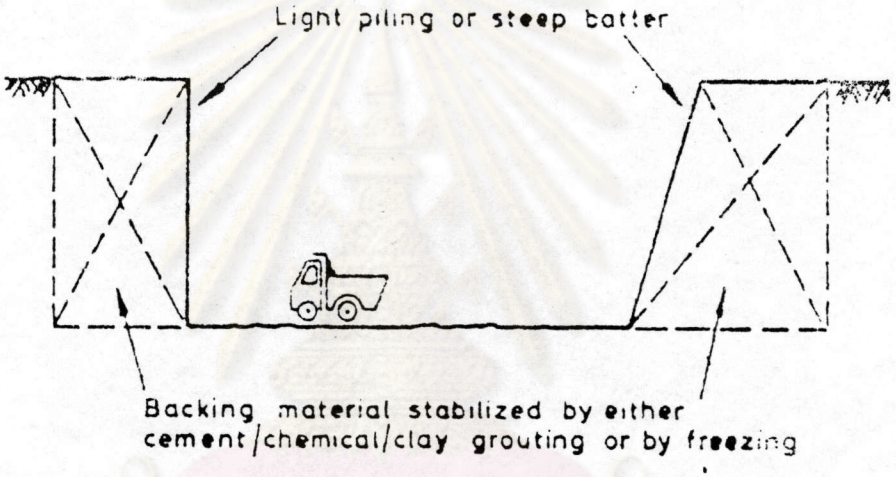


รูปที่ 2.5 วิธียึดรั้ง (Tie Back Method)

(Institution of Structural Engineers, 1975)

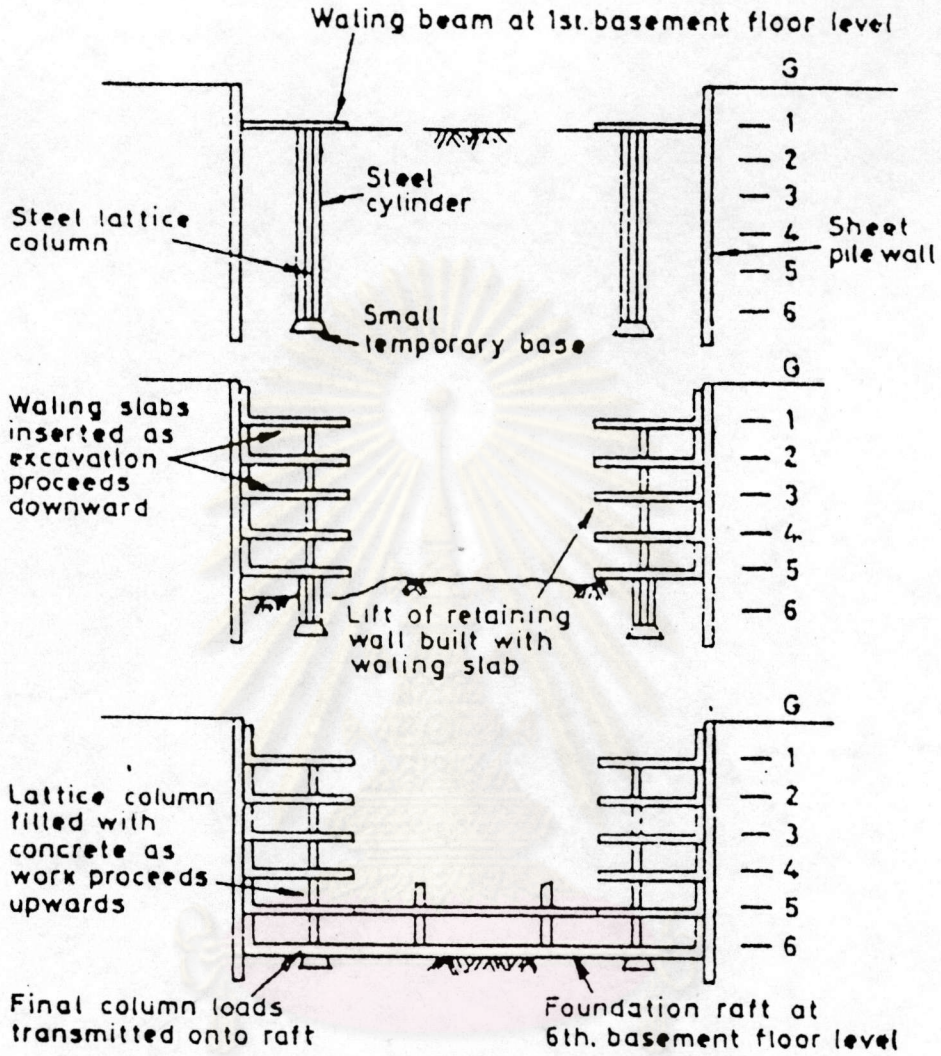
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.2.4 วิธีปรับปรุงคุณภาพ (Stabilization Method) เป็นวิธีการก่อสร้างที่ใช้ระบบการปรับปรุงคุณภาพดินรอบพื้นที่ขุดดิน โดยผสมวัสดุ ซีเมนต์ สารเคมี เข้ากับดินโดยวิธีปั่นผสม (Rotary Mixed) หรือวิธีอัดฉีดแรงดันสูงผสม (Jet Mixing) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับดิน แล้วจึงขุดดินเพื่อการก่อสร้างภายใน มักจะไม่นิยมใช้มากนักเพราะต้นทุนสูง ใช้เวลามากและไม่เหมาะกับงานขุดดินลึกมาก ดังแสดงในรูป 2.6



รูปที่ 2.6 วิธีปรับปรุงคุณภาพ (Stabilization Method)
(Institution of Structural Engineers, 1975)

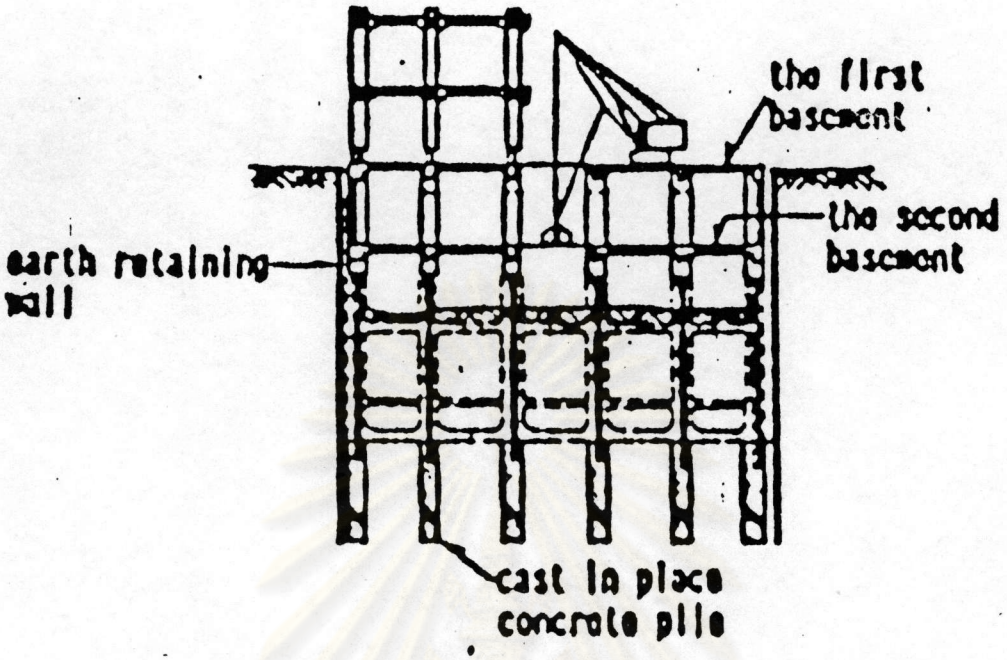
2.2.3 วิธีทอป ดาวน์ (Top Down Method) หรือ Downward Method เป็นวิธีการก่อสร้างที่เทพื้นคอนกรีตชั้นใต้ดินทีละชั้นจากบนลงล่าง โดยเว้นช่องเปิดสำหรับขุดไว้ พื้นจะทำหน้าที่ค้ำยันชั่วคราว เหมาะสำหรับห้องใต้ดินลึก แต่การขุดดินใต้พื้นที่เทคอนกรีตแล้วค่อนข้างใช้เวลาและยาก ดังแสดงในรูป 2.7



รูปที่ 2.7 วิธี ทอปดาวน์ (Top Down Method)

(Institution of Structural Engineers, 1975)

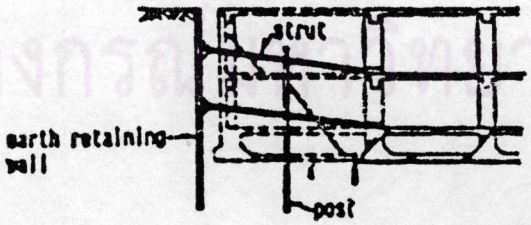
2.2.4 วิธีอัป/ดาวน์ (Up/Down Method) หรือ บางทีก็เรียกแตกต่างกันออกไปดังนี้ Upside Down Method , Upward and Downward Method , Sakauchi Method เป็นต้น เป็นวิธีการก่อสร้างที่ก่อสร้างชั้นใต้ดินไปพร้อมกับชั้นเหนือดิน ซึ่งใช้วิธี Top Down ในส่วนการก่อสร้างชั้นใต้ดินเหมาะสำหรับอาคารที่มีห้องใต้ดินลึก และสามารถลดระยะเวลาก่อสร้างลงได้ เพราะไม่ต้องรอให้การขุดดินและโครงสร้างฐานรากแล้วเสร็จ ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 วิธีอัป/ดาวน์ (Up Down Method)

(Sasaki ,1989)

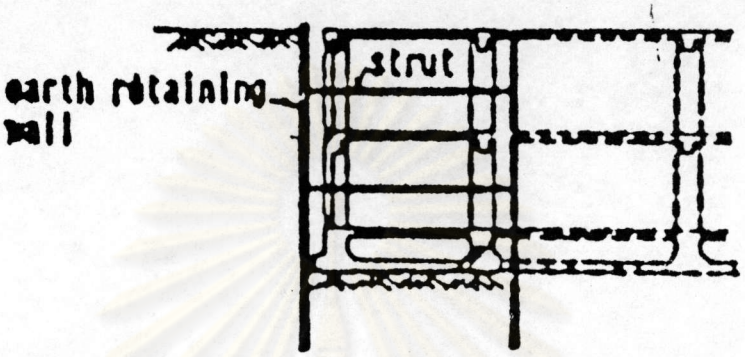
2.2.5 วิธีไอซ์แลนด์ (Island Method) เป็นวิธีการก่อสร้างที่ขุดดินตรงกลางพื้นที่แบบเปิดโล่งเพื่อก่อสร้างฐานรากตรงกลางก่อนแล้ว จึงทำค้ำยันกำแพงกันดินเข้ากับฐานรากภายในขนาดพื้นที่ก่อสร้างต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะขุดดินแบบเปิดโล่งตรงกลางพื้นที่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 วิธีไอซ์แลนด์ (Island Method)

(Sasaki, 1989)

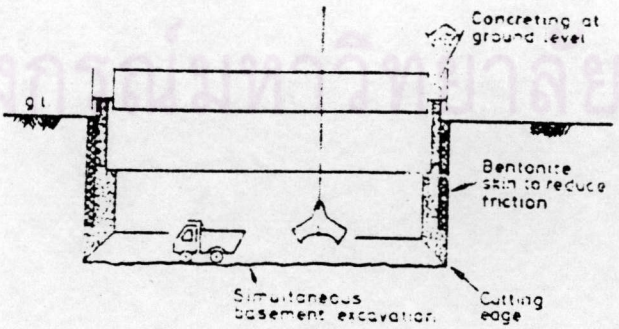
2.2.6 วิธีเทรนคัท (Trench Cut Method) เป็นวิธีการก่อสร้างที่ขุดดินเป็นร่องรอบพื้นที่ขุดกับกำแพงกันดินเพื่อก่อสร้างโครงสร้างบริเวณรอบพื้นที่ก่อสร้างก่อน แล้วจึงใช้โครงสร้างรอบพื้นที่ก่อสร้างเป็นกำแพงกันดินแล้วจึงขุดดินก่อสร้างโครงสร้างภายในต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 วิธีเทรนคัท (Trench Cut Method)

(Sasaki, 1989)

2.2.7 วิธีเคซอง (Caisson Method) เป็นวิธีการก่อสร้างที่ทำการหล่อโครงสร้างกำแพงกันดินเหนือพื้นดินแล้วจึงทำการขุดดินภายในออก เพื่อให้บ่อ Caisson จมลงถึงระดับที่ต้องการแล้วจึงก่อสร้างโครงสร้างภายในขึ้นมา เหมาะสำหรับชั้นใต้ดินรูปร่างทรงกลม วิธีนี้มี 2 วิธีดังนี้ คือ แบบ Open Caisson เป็นการขุดแบบเปิดโล่ง และแบบ Pneumatic Caisson เป็นวิธีที่ใช้ในกรณีมีปัญหาน้ำใต้ดิน โดยใช้แรงอัดอากาศเข้าช่วยดันน้ำใต้ดินไม่ให้ซึมเข้ามาในบ่อขุด ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 วิธีเคซอง (Caisson Method)

(Institution of Structural Engineers, 1975)

Xanthakos (1994) ได้กล่าวถึงวิธีการก่อสร้างชั้นใต้ดินลึกว่า ไม่มีวิธีการก่อสร้างที่ทันสมัยใดที่เจ้าของหรือผู้ลงทุนสนใจ ถ้าวิธีนั้นทำให้ต้นทุนโครงการ (Final Cost) เพิ่มขึ้น วิธีการก่อสร้างที่เป็นที่ยอมรับต้องง่าย ปลอดภัย ประหยัดและรวดเร็ว

จากวิธีการก่อสร้างชั้นใต้ดินที่กล่าวมาข้างต้นแต่ละวิธีจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน การเลือกใช้แต่ละวิธีขึ้นอยู่กับสภาพชั้นดิน สิ่งแวดล้อมรอบสถานที่ก่อสร้าง ประกอบกับสภาพการก่อสร้าง ระยะเวลาและต้นทุนการก่อสร้าง จุดประสงค์เพื่อเกิด ความแน่นอน, ความปลอดภัย, คุณภาพและลดค่าใช้จ่ายการก่อสร้าง สำหรับโครงการที่มีชั้นใต้ดินลึกมาก มีพื้นที่ขนาดใหญ่ อยู่ในเขตเมืองที่มีที่ดินจำกัด การก่อสร้างชั้นใต้ดินจะใช้เวลามาก วิธีการก่อสร้างที่เหมาะสมวิธีหนึ่ง คือการก่อสร้างวิธีอัป/ดาวน์ เป็นวิธีที่สามารถลดระยะเวลาในการก่อสร้างได้ดี เพราะสามารถก่อสร้างอาคารชั้นเหนือดินไปพร้อมกับอาคารชั้นใต้ดินได้ โดยไม่ต้องรอให้ขุดทำฐานรากแล้วเสร็จก่อน จึงจะทำการก่อสร้างจากชั้นล่างขึ้นไป (Sasaki, 1989)

2.3 <u>การก่อสร้างชั้นใต้ดินลึกโดยวิธีปกติ (Conventional Method)</u>

วิธีการก่อสร้างชั้นใต้ดินถึงแม้มีหลายวิธี แต่วิธีที่นำมาประยุกต์ใช้สำหรับชั้นใต้ดินลึกโดยทั่วไป คือ ระบบ Steel Bracing Method การทำกำแพงกันดินแล้วขุดดินทำค้ำยัน (Bracing) ลงไปทีละขั้นจนถึงระดับที่ต้องการก่อสร้างฐานราก แล้วจึงก่อสร้างจากข้างล่างขึ้นมาปกติ (Conventional Method) (Sasaki,1989) ซึ่งองค์ประกอบหลักของโครงสร้างกันดิน ดังแสดงในรูปที่ 2.12 และ Sasaki ได้อธิบายองค์ประกอบหลักที่มีด้วยกัน 4 ส่วนดังนี้

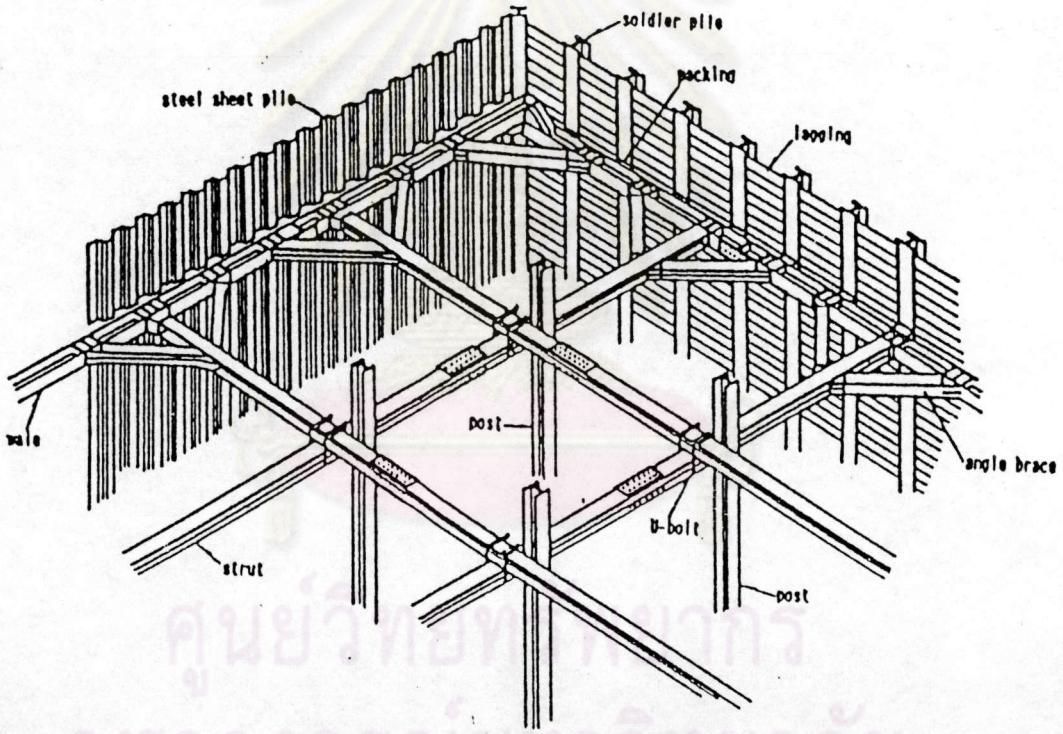
1) กำแพงกันดิน (Earth Retaining Wall) คือกำแพงที่รับแรงดันดินและแรงดันน้ำ ซึ่งมีหลายชนิด เช่น Solider Beam และ Horizontal Lagging , Steel Sheet Piles , Continuous Piles , Secant Piles , Diaphragm Wall เป็นต้น

2) เวล (Wale) คือ โครงสร้างที่รับแรงจากกำแพงกันดินถ่ายไปที่ Strut

3) ค้ำยัน (Strut และ Angle Brace) คือ โครงสร้างค้ำยันกำแพงกันดินเพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน

4) เสา (Post) คือ โครงสร้างรองรับน้ำหนัก Strut และ ป้องกันการโก่งตัวของ Strut (Buckling)

ซึ่งโครงสร้าง Wall, Strut และ Post นั้นปกติจะใช้โครงสร้างเหล็ก H-Beam



รูปที่ 2.12 องค์ประกอบหลักของโครงสร้างกันดิน

(Sasaki, 1989)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 ความเป็นมาและการก่อสร้างวิธีอัป/ดาวน์

2.4.1 ความเป็นมา

ถึงแม้ว่าวิธีการนี้ดูเหมือนมีการใช้กันน้อยมากในประเทศไทย แต่ก็ไม่ใช่เป็นแนวคิดวิธีใหม่ทีเดียว เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของ กำแพงกันดินแบบ Slurry Wall สำหรับการก่อสร้างชั้นใต้ดินลึก ซึ่งมีการพัฒนามาตั้งแต่ต้นปีคริสต์ศักราช 1900 และ นำ Slurry Wall มาประยุกต์ใช้ตั้งแต่ปี 1945 เป็นต้นมา (Xanthakos, 1979) วิธีอัป/ดาวน์เป็นการนำแนวคิดจากวิธี Milan Method ในประเทศอิตาลีตั้งแต่ปี 1950 ซึ่งใช้ก่อสร้างโครงการรถไฟใต้ดินหลังจากนั้นก็แพร่หลายในประเทศแถบยุโรปและญี่ปุ่น (ตั้งแต่ปี 1959) และอเมริกา (ต้นปีคริสต์ศักราชที่ 1980) แต่ก็ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก มีการประยุกต์ใช้ค่อนข้างจำกัดเหมือนกัน ในปี 1986 มีเพียง 5 โครงการเท่านั้นในประเทศอเมริกา (Sherman, 1986; Becker และ Haley, 1990)

สำหรับประเทศไทยเริ่มมีการใช้ Slurry Wall (Diaphragm Wall) ครั้งแรกตั้งแต่ปี 2525 มีโครงการธนาคารกรุงเทพฯจำกัด สำนักงานใหญ่ถนนสีลม เป็นต้นมา จนถึงปัจจุบัน (2537) การนำการก่อสร้างวิธีอัป/ดาวน์ มาใช้มีเพียง 6 โครงการ ดังต่อไปนี้

1. โครงการอาคารอินเตอร์เนชั่นแนลเทรดเซนเตอร์ (ไอทีซี) สูง 30 ชั้น ชั้นใต้ดิน 6 ชั้น ปี 2531
2. โครงการโรงแรมวินด์เซอร์ สูง 36 ชั้น ชั้นใต้ดิน 4 ชั้น ปี 2534
3. โครงการอาคารสีลมพลีเชียสทาวเวอร์ สูง 63 ชั้น ชั้นใต้ดิน 6 ชั้น ปี 2534
4. โครงการอาคารลิเบอตีสแควร์ สูง 23 ชั้น ชั้นใต้ดิน 6 ชั้น ปี 2534
5. โครงการโรงแรมเซ็นทรัลสุคนธาหาดใหญ่ สูง 25 ชั้น ชั้นใต้ดิน 4 ชั้น ปี 2535
6. โครงการอาคารวันเพลสทาวเวอร์ สูง 23 ชั้น ชั้นใต้ดิน 6 ชั้น ปี 2537

มีโครงการก่อสร้างชั้นใต้ดินลึกตั้งแต่ 3 ชั้นขึ้นไป ถึง 26 โครงการ แต่มีเพียง 6 โครงการเท่านั้นที่ใช้การก่อสร้างวิธีอัป/ดาวน์ ซึ่งนับว่าน้อยมาก (นพรัตน์ และคณะ,2532; บริษัท โซเลตองซ์ (ประเทศไทย)จำกัด, ผู้รวบรวม, 2537; งานก่อสร้างชั้นใต้ดิน, 2537: 40)

2.4.2 การก่อสร้างวิธีอัป/ดาวน์

การก่อสร้างวิธีอัป/ดาวน์เป็นวิธีการก่อสร้างห้องใต้ดินลึกในเขตพื้นที่จำกัด โดยเฉพาะในเขตตัวเมืองใหญ่ ๆ ที่มูลค่าที่ดินมีราคาแพง จนทำให้การใช้พื้นที่ชั้นใต้ดินเป็นสิ่งจำเป็น ดังนั้นถ้าสาเหตุที่ดินราคาแพง ปัญหาทางด้านสภาพพื้นที่จำกัด และระยะเวลาการก่อสร้างส่วนใต้ดินใช้เวลานาน ทำให้การใช้การก่อสร้างวิธีอัป/ดาวน์ จึงถูกนำมาใช้บ้างแล้วในเมืองใหญ่ ๆ ในแถบยุโรป, ญี่ปุ่น และ อเมริกา ซึ่งวิธีอัป/ดาวน์ เป็นวิธีการก่อสร้างที่ก่อสร้างชั้นใต้ดิน (Substructure) ไปพร้อม ๆ กับการก่อสร้างชั้นเหนือดิน (Superstructure) โดยใช้การก่อสร้างวิธีทอป ดาวน์ (Top Down Construction) ในส่วนการก่อสร้างชั้นใต้ดิน ซึ่งจะก่อสร้างพื้นชั้นใต้ดินชั้นบนลงมาจนถึงฐานราก ในขณะเดียวกันก็ก่อสร้างชั้นบนดินไปด้วย วิธี ทอป ดาวน์ สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำค้ำยันชั่วคราว (Temporary Bracing) ลงได้ เพราะใช้พื้นแทนค้ำยันชั่วคราว แต่ก็ยังไม่ได้ช่วยลดระยะเวลาก่อสร้างลง เพราะส่วนโครงสร้างเหนือดินไม่สามารถก่อสร้างได้จนกว่าการก่อสร้างฐานรากจะแล้วเสร็จ แต่วิธีอัป/ดาวน์จะมีการเตรียมระบบโครงสร้างฐานราก กำแพง เสา บางส่วน ก่อนที่จะขุดดิน เพื่อรองรับน้ำหนักการก่อสร้างชั้นบนดินขณะก่อสร้างชั้นใต้ดินไปพร้อมกัน ทำให้ลดระยะเวลาก่อสร้างและลดต้นทุนของโครงการได้ (Becker และ Haley, 1990)

การใช้การก่อสร้างวิธีอัป/ดาวน์ ในการวางแผนงานก่อสร้างอาคารชั้นใต้ดินลึกนั้นต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบสำคัญดังต่อไปนี้ ขั้นตอนการก่อสร้าง, ระบบโครงสร้างหลัก, ต้นทุนการก่อสร้าง, ระยะเวลาการก่อสร้าง และข้อดี ข้อเสียของการก่อสร้างวิธีอัป/ดาวน์นี้ (Sherman, 1986; Becker และ Harley, 1990; Laufer, 1993)

2.4.2.1 ขั้นตอนการก่อสร้าง

Tatum และคณะ (1989) ได้ทำการศึกษากระบวนการคิดค้นเทคนิคการก่อสร้างใหม่ ๆ สำหรับการก่อสร้างวิธี อัป/ดาวน์ ที่โครงการ Rowes Wharf ในเมือง Boston ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้สรุปขั้นตอนที่สำคัญของการก่อสร้างวิธีอัป/ดาวน์ไว้ ดังนี้

1) ก่อสร้างกำแพงกันดินแบบ Slurry Wall โดยรอบชั้นใต้ดิน

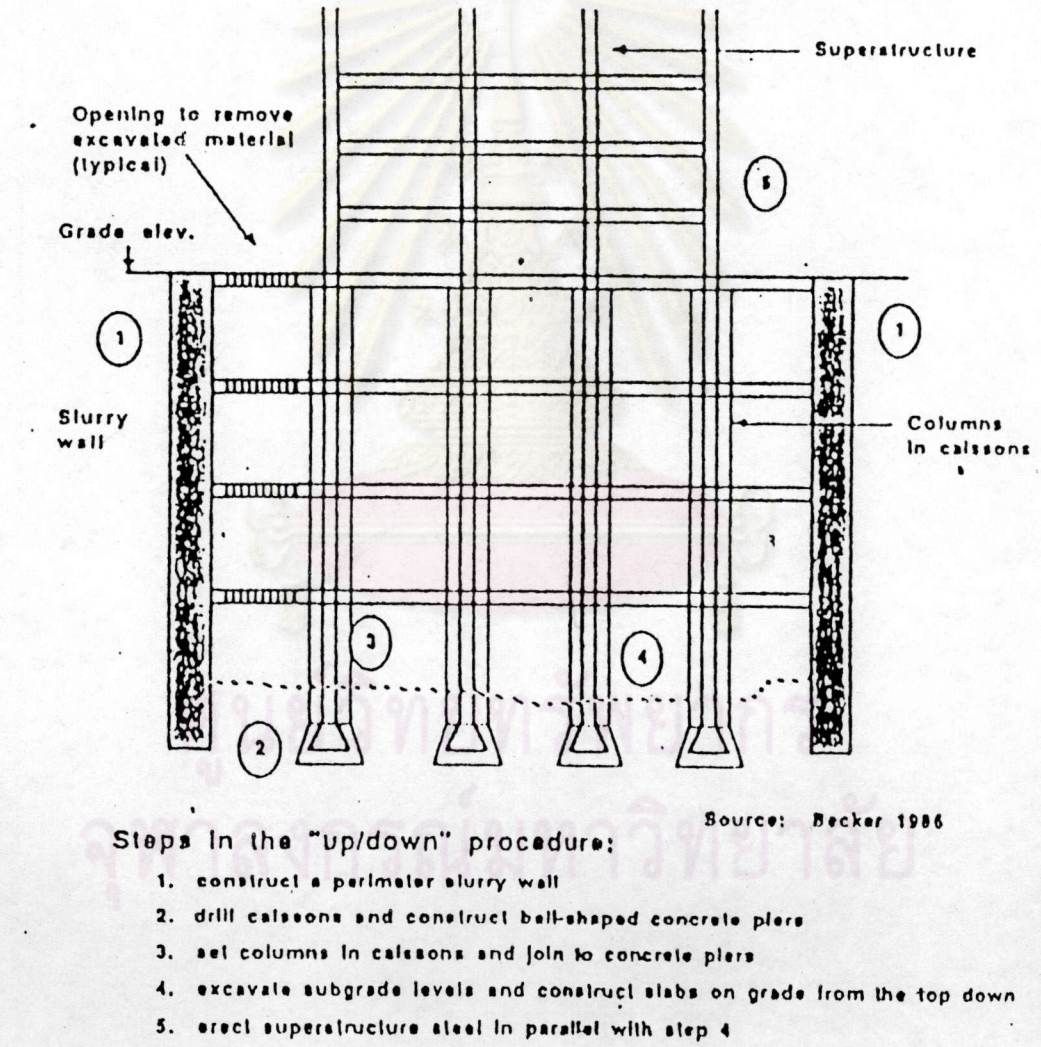
2) เจาะ Caisson และสร้างเสาเข็มแบบ bull-shaped

3) ต้องตั้งเสาใน Caisson และเชื่อมต่อเสากับเสาเข็มคอนกรีต

4) ขุดดินระดับท้องพื้นชั้นใต้ดินและก่อสร้างพื้นบนดิน โดยสร้างจากบนลงล่าง (Top Down Method)

5) ก่อสร้างชั้นบนดิน (Superstructure) ไปพร้อม ๆ กับขั้นตอนที่ 4

ซึ่งขั้นตอนที่สำคัญของการก่อสร้างวิธี อัป/ดาวน์ ได้แสดงไว้ตามรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ขั้นตอนการก่อสร้างวิธี อัป/ดาวน์ (Up/Down Construction Procedure)

(Becker, 1986 อ้างใน Tatum และ คณะ, 1989)

2.4.2.2 ระบบโครงสร้างหลัก

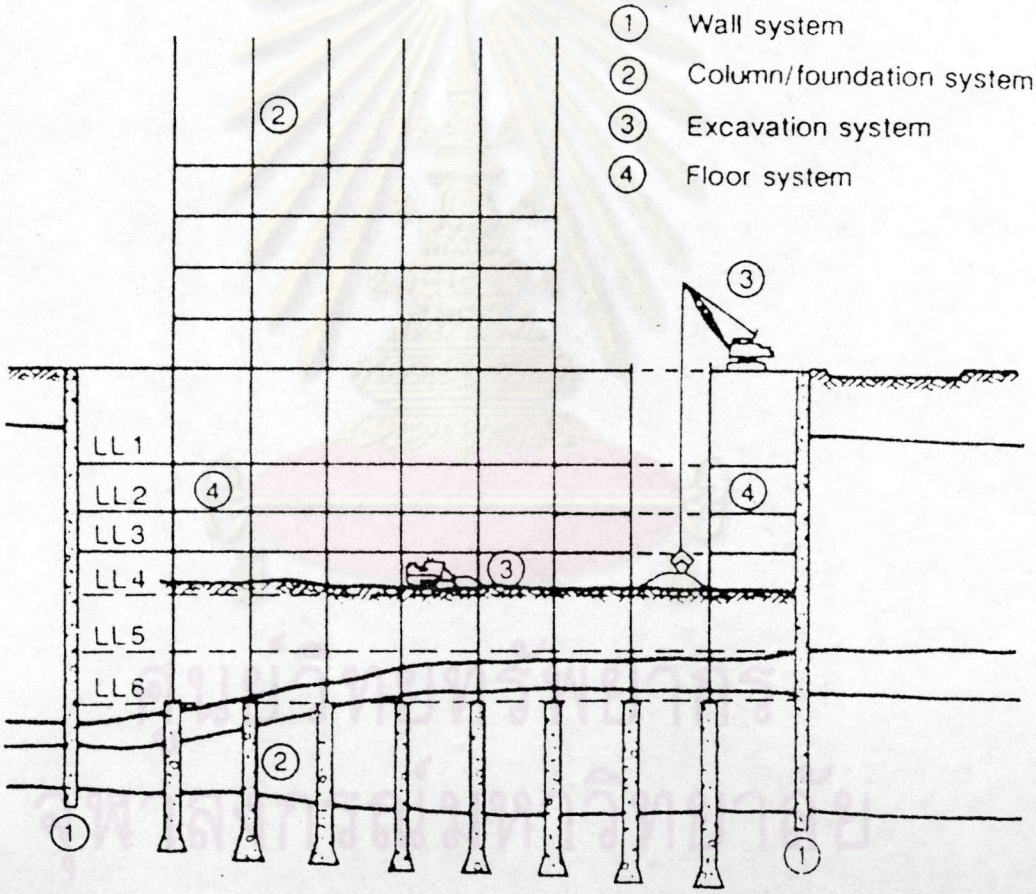
Becker และ Harley (1990) ได้กล่าวสรุประบบโครงสร้างหลักที่สำคัญสำหรับการก่อสร้างวิธีอัป/ดาวน์ ซึ่งแบ่งเป็น 4 ระบบ ตามขั้นตอนการก่อสร้างชั้นใต้ดิน คือ ระบบกำแพง (Wall System) , ระบบเสาและฐานราก (Column/Foundation System) , ระบบพื้น (Floor System) และ ระบบการขุดดิน (Excavation System) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.14 และได้อธิบายไว้ดังนี้

1) ระบบกำแพง (Wall System) ระบบกำแพงกันดินปกติ จะใช้กำแพงคอนกรีต Diaphragm Wall ซึ่งก่อสร้างโดยวิธี Slurry Trench แต่ในความเห็นของ Becker และ Harley ระบบกำแพงกันดินชนิดอื่น น่าจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวิธีอัป/ดาวน์ แต่เนื่องจากยังไม่มีการนำกำแพงกันดินชนิดอื่นมาใช้ นอกจากกำแพงคอนกรีต Diaphragm Wall

2) ระบบเสาและฐานราก (Column/Foundation System) การติดตั้งเสาและฐานรากถาวร (Permanent Substructure Columns and Foundation) ก่อนที่จะขุดดินเป็นหัวใจที่สำคัญของวิธีอัป/ดาวน์ ซึ่งระบบฐานรากหรือเสาเข็มนี้จะเป็นเสาเข็มเดี่ยวที่รับน้ำหนักเสาอาคาร (Column Load) โดยอาศัยแรงต้านทานปลายเสาเข็ม (End Bearing) , แรงเสียดทานผิวเสาเข็ม (Side Friction) หรือ รวมกันทั้ง 2 วิธี ปกติเสาเข็มจะใช้วิธี Caisson Auger Drilling (ในเมือง Boston) หรือ Slurry Trench ซึ่งนิยมเรียกกันว่า Barrettes หรือ Load-Bearing Elements ซึ่งในเสาเข็มใช้วิธีหล่อคอนกรีตในที่ จะมีการติดตั้งโครงสร้างเสาเหล็กตลอดความลึกของชั้นใต้ดิน แล้วถมกลับรอบเสาเหล็ก ก่อนที่จะทำการขุดดินต่อไป เพื่อใช้รองรับน้ำหนักอาคารก่อนที่ฐานรากจะแล้วเสร็จ

3) ระบบพื้น (Floor System) ระบบพื้นชั้นใต้ดินปกติ จะเป็นระบบพื้นไร้คาน (Flat Slab) หรือระบบพื้นคาน (Framed Slab) ซึ่งเทคนิคการก่อสร้างพื้นจะใช้กันอยู่ 2 วิธี คือ ใช้พื้นดินเป็นแบบ ในการเทพื้นใต้ดินแต่ละชั้นซึ่งเรียกว่า Slab On Mud Mat และ ใช้ไม้แบบระบบ Drop-Form (Lass และ Brown; 1988 อ้างใน Becker และ Harley; 1990) ในการออกแบบ และก่อสร้างต้องระมัดระวังในเรื่องรอยต่อระหว่างพื้นชั้นใต้ดินกับ Diaphragm Wall และเสา, การหดตัวของคอนกรีตจากการ Shrinkage และ Creep เพราะส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน

4) ระบบการขุดดิน (Excavation System) ขั้นตอนของการขุดดิน ในการก่อสร้างวิธีอัป/ดาวน์ เป็นการขุดดินใต้พื้นคอนกรีตที่เทแล้วลงไปทีละช่วง โดยวิธีการขุดเหมืองแนวราบ (Horizontal Mining) ซึ่งจะทำการขุดดินใต้พื้นแล้วขนออกมาขึ้นข้างบนที่ช่องเปิดที่ทำเอาไว้ ช่องเปิดนี้เรียกว่า Glory Hole การวางแผนกำหนดตำแหน่งและขนาดช่องเปิดนี้นับว่าสำคัญมากต่อการลำเลียงวัสดุ เครื่องจักร การขุดดิน และขั้นตอนการก่อสร้าง ซึ่งต้องสัมพันธ์กันกับการก่อสร้างชั้นเหนือดิน



รูปที่ 2.14 โครงสร้างหลักการก่อสร้างอัป/ดาวน์

(Becker และ Haley, 1990)

2.4.2.3 ต้นทุนและระยะเวลาการก่อสร้าง

Becker และ Haley (1990) ได้รวบรวมข้อมูลของโครงการก่อสร้างที่ใช้วิธีอัป/ดาวน์ ในประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 3 โครงการ โดยแสดงต้นทุนที่เพิ่มขึ้น (Cost Premium) จากการใช้วิธีอัป/ดาวน์และระยะเวลาก่อสร้างที่ลดลง (Schedule Advantage) สรุปดังแสดงในตารางที่ 2.1 และได้อธิบายว่าต้นทุนการก่อสร้างจะสูงกว่าการก่อสร้างวิธีปกติ แต่เนื่องจากสามารถลดระยะเวลาก่อสร้างโดยรวมลงเพราะการก่อสร้างชั้นเหนือดิน(Superstructure) เริ่มก่อสร้างได้ก่อนที่ฐานรากจะแล้วเสร็จ ทำให้ต้นทุนรวมของโครงการ (Final Cost) ลดลง

ตารางที่ 2.1 ต้นทุนการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นและแผนงานก่อสร้าง

PROJECT	ROWES WHARF	75 STATE STREET	POST OFFICE SQUARE GARAGE
COST PREMIUM	$2,000,000	$1,000,000	NONE
SCHEDULE ADVANTAGE	4 - 6 MONTH	1 - 2 MONTH	NONE
DECISION LOGIC	- Economic - Traffic Control - Stable Excavation - Water Related Risks	- Constrained Site - Traffic Control - Adjacency - Avoid Tieback Easements	- Constrained Site - Traffic Control - Terminal Feasibility - Control Ground Movement
CONTRACT	Guaranteed Maximum Price	Guaranteed Maximum Price	Guaranteed Maximum Price
CONSTRUCTION START	March 1, 1985	December 1, 1986*	October 1, 1985
SUPERSTRUCTURE START	January 1, 1986	June 8, 1987	August 1, 1989**
BOTTOM OUT	August 15, 1986	December 1, 1987	June 1, 1990***

Remark * Effective Start Date follow Demolition

** Effective Start : i.e. available to start a superstructure if one was required.

*** Schedule

ที่มา : Becker และ Haley (1990)

2.4.2.4 ข้อดีและข้อเสียของการก่อสร้าง

Sherman (1986) ได้สรุปข้อดี ข้อเสียการก่อสร้างวิธีอัป/ดาวน์ไว้ดังนี้

ข้อดี

1) ลดระยะเวลาการก่อสร้าง ทำให้ประหยัดค่าดอกเบี้ยการก่อสร้างและสามารถได้รายรับจากการใช้อาคารเร็วขึ้น

2) สามารถก่อสร้างชั้นใต้ดินและชั้นเหนือดิน ไปพร้อม ๆ กันได้

3) ลดการเคลื่อนตัวและการทรุดตัวของดินรอบบริเวณก่อสร้างชั้นใต้ดิน

ข้อเสีย

1) ต้นทุนค่าก่อสร้างสูงกว่าการก่อสร้างวิธีปกติ

2) ต้องใช้เวลาในการวางแผนอย่างรอบคอบและใช้ผู้มีประสบการณ์

3) การก่อสร้างยาก เช่น การขุดดินใต้พื้นทำได้ยากและใช้เวลานานกว่าปกติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย