2.8 รายละเอียดการวางท่อส่งก๊าซในทะเล

ท่อส่งก๊าซในทะเลส่วนที่อยู่ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ส่วนที่วางจากแปลง A-18 ไปยังโรงแยกก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 34 นิ้ว ความยาวประมาณ 277 กิโลเมตร ซึ่งมีรายละเอียดในการก่อสร้างดังนี้

(1) **ขั้นตอนการวางท่อส่งก๊าซธรรมชาติในทะเล** ประกอบด้วยกิจกรรมหลัก 3 กิจกรรมซึ่งดำเนินการตามแนวท่อ ได้แก่

- *การเตรียมการเพื่อดึงท่อขึ้นฝั่ง* ใช้เวลา 4 เดือน สำหรับการวางท่อแบบเจาะลอด
- *การวางท่อในทะเล* ใช้เวลา 3.5 - 4 เดือน จะเริ่มประมาณ 2 เดือนภายหลังจากงานเตรียมการเพื่อดึงท่อขึ้นฝั่ง
- *การขุดร่องภายหลังการวางท่อ (Post-lay trenching) การแก้ไขความยาวท่อที่พาดระหว่างจุดรองรับ (Span correction)* ใช้เวลา 2-3 เดือน ภายหลังจากงานวางท่อแล้วเสร็จ

ในแต่ละกิจกรรมจะปฏิบัติอย่างต่อเนื่องโดยกองเรือ ซึ่งประกอบด้วยเรือวางท่อในทะเล เรือสำรวจ เรือลากจูง เพื่อปลดและวางสมอเรือ และเรือสนับสนุนต่างๆ ได้แก่ เรือเสบียง เรือลำเลียงท่อส่งก๊าซ หรือเรือขนอุปกรณ์และเครื่องมือ เป็นต้น เรือวางท่อในทะเลโดยทั่วไปจะวางสมอ 4-12 ตัว เพื่อจอด (จำนวนสมอที่แน่นอนขึ้นอยู่กับขนาดและกิจกรรมของเรือนั้นๆ) ส่วนเรือที่เหลือลำอื่นๆ ในกองเรือวางท่อจะปฏิบัติการในบริเวณใกล้ๆ กับเรือวางท่อ หรือวิ่งขนส่งระหว่างเรือวางท่อกับฐานปฏิบัติการชายฝั่ง

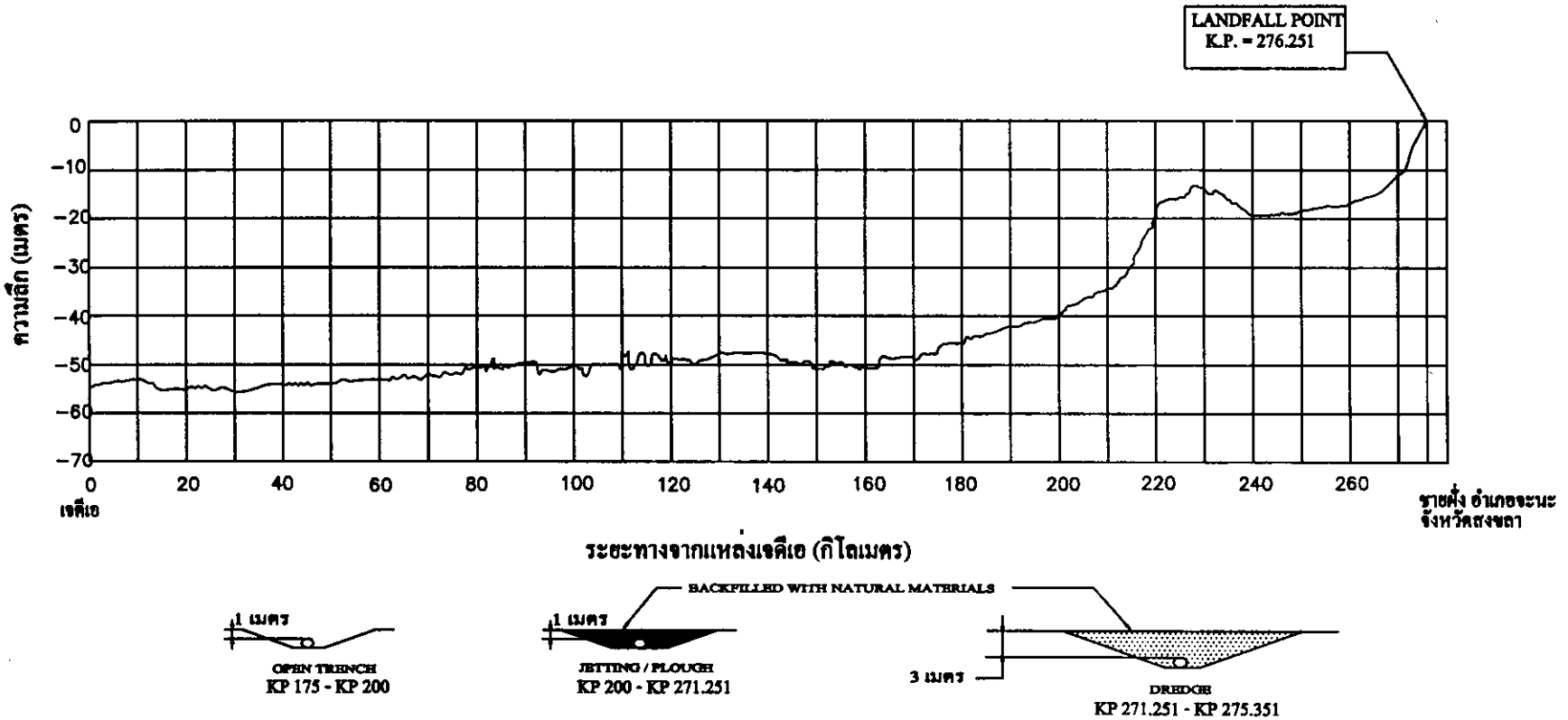
บริเวณ*พื้นที่แนวเขตก่อสร้าง (Exclusion zone)* จะถูกปิดไม่ให้เรืออื่นๆ (เช่น เรือประมง) เข้า-ออกในระหว่างการวางท่อในทะเล เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้น สำหรับเรือวางท่อมาตรฐานทั่วๆ ไป จะกำหนดพื้นที่ในรัศมี 1 กิโลเมตร ซึ่งเป็นรูปแบบการวางสมอขนาดใหญ่ที่สุด ในกรณีที่เรือวางท่อมีขนาดมาตรฐานยาวประมาณ 150 เมตร กว้างประมาณ 30 เมตร พื้นที่ครอบคลุมแนวเขตก่อสร้างจะครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 3.5 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ดังกล่าวจะเคลื่อนตัวไปตามแนววางท่อพร้อมๆ กับเรือวางท่อ โดยมีอัตราการวางท่อประมาณ 2-4 กิโลเมตรต่อวัน รูปแบบการวางสมอเรือวางท่อจะมีลักษณะเดียวกันตลอดแนววางท่อส่งก๊าซ เนื่องจากความลึกของน้ำทะเลโดยเฉลี่ยแล้วเป็นน้ำตื้น

(2) **คุณสมบัติท่อส่งก๊าซ** วัสดุที่ใช้ทำท่อจะเป็นเหล็กกล้า (Carbon steel) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่จะรองรับการไหลของก๊าซปริมาณมากสุด สำหรับโครงการนี้ คือ 34 นิ้ว ความหนาของท่อจะขึ้นกับองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ ความดันสูงสุดของก๊าซ ความเค้นที่เกิดขึ้นระหว่างการวางท่อ และความดันภายนอกซึ่งอาจทำให้ท่องอ

ท่อจะต้องทำการเคลือบ 2 แบบ ได้แก่การเคลือบเพื่อป้องกันการกัดกร่อน (Corrosion coating) และการเคลือบด้วยคอนกรีต (Concrete weight coating) ในส่วนของการเคลือบเพื่อป้องกันการกัดกร่อน จะใช้ Coal tar enamel เคลือบหนา 5/32 นิ้ว (4 มิลลิเมตร) เพื่อป้องกันการสัมผัสของท่อและน้ำทะเล ส่วนการเคลือบด้วยคอนกรีตมักจะใช้ High-strength high-density concrete เคลือบหนา 4.5 นิ้ว เพื่อเพิ่มน้ำหนักให้ท่อให้สามารถจมลงในพื้นท้องทะเลและมีเสถียรภาพ นอกจากนั้น การเคลือบด้วยคอนกรีตจะยังช่วยให้ท่อมีความสามารถในการป้องกันการกระแทกจากอุปกรณ์การประมงและกิจกรรมอื่นๆ ในทะเลได้ระดับหนึ่งด้วย

สำหรับระบบป้องกันการกัดกร่อน จะมีการติดตั้งขั้วบวก (Anodes) เป็นระยะๆ ตามแนวท่อเพื่อเป็นการเสริมการป้องกันการกัดกร่อน ที่เรียกว่า Sacrificial anodes เนื่องจากตัวขั้วบวกเองจะถูกกัดกร่อนแทนตัวท่อ ระยะห่างระหว่างขั้วบวกรวมทั้งขนาดของขั้วบวก มักจะขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมโดยรอบท่อและคุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติที่ไหลในท่อ เมื่อมีท่อสองท่อมาต่อกัน จะต้องมีปลอกพิเศษ (Special sleeves) หรือเทปพันรอบรอยต่อและมีการเติม Mastic หรือ Foam

(3) การสำรวจ ก่อนจะเริ่มทำการวางท่อส่งก๊าซ จะดำเนินการสำรวจท้องทะเลเพื่อวางแนวท่อในเบื้องต้น โดยมีเป้าหมายในการค้นหาอุปสรรคต่างๆ ใต้ท้องทะเล เช่น เครื่องมือในการจับปลา และตรวจสอบพื้นที่ที่อาจก่อให้เกิดความยากลำบากในการวางท่อส่งก๊าซ ในการสำรวจจะรวมถึงการสำรวจดินในท้องทะเลด้วย เพื่อวิเคราะห์หาค่ากำลังแบกทาน (Bearing strength) ของดินท้องทะเล และตรวจสอบชั้นหินที่โผล่ (Outcrop) การสำรวจบริเวณใกล้ชายฝั่งจะมีความสำคัญมากเพื่อที่จะเลือกตำแหน่งที่จะให้ท่อขึ้นฝั่งซึ่งจะต้องเปลี่ยนไปหรือมีการก่อสร้างด้วยวิธีพิเศษขึ้น รูปที่ 2.4 แสดงผลการสำรวจพื้นท้องทะเลตลอดแนว 277 กิโลเมตร



รูปที่ 2.4 ผลการสำรวจความลึกของท้องทะเล

(4) การวางท่อส่งก๊าซในทะเล การวางท่อในทะเลจะมีลักษณะการวางท่อเป็น 5 ลักษณะ (เริ่มนับ KP 0 ที่ตำแหน่งพื้นที่พัฒนาร่วมฯ จนถึง KP 277.055 ที่โรงแยกก๊าซ) ดังแสดงในตารางที่ 2.20

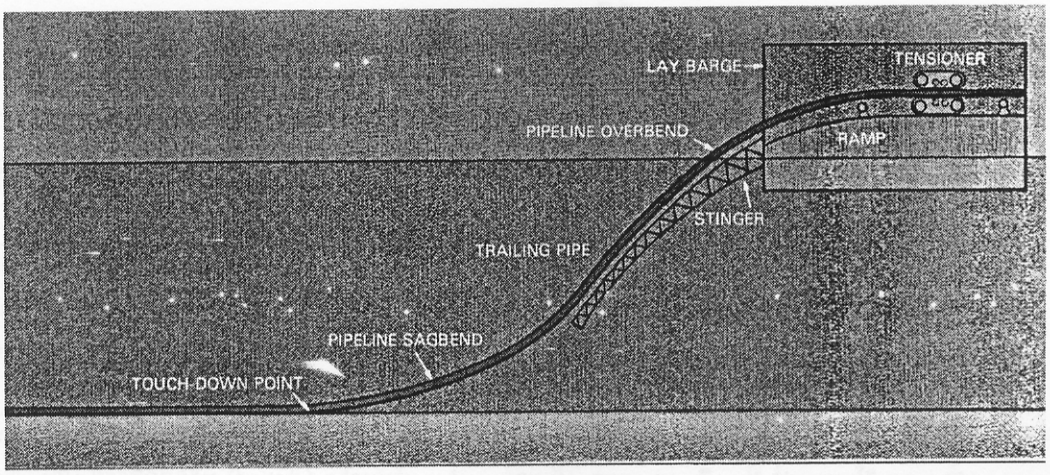
ตารางที่ 2.20 ลักษณะการวางท่อส่งก๊าซในทะเล ที่ตำแหน่งและความลึกต่างๆ

ช่วง KP	ความลึก	ลักษณะการวางท่อ
KP 0 - KP 175 (175 กิโลเมตร)	> 47 เมตร	เป็นการวางท่อบนพื้นท้องทะเล แล้วปล่อยให้จมลงเองด้วยแรงน้ำหนักท่อ
KP 175 - KP 200 (25 กิโลเมตร)	47 เมตร (ที่ KP 175) ถึง 40 เมตร (ที่ KP 200)	เป็นการวางท่อในร่องที่ขุดขึ้นที่พื้นท้องทะเล (Open trench) โดยให้หลังท่ออยู่ต่ำกว่าพื้นท้องทะเลประมาณ 1 เมตร แล้วปล่อยให้กลบเองโดยการพัดพาของตะกอนบริเวณท้องทะเล
KP 200 - KP 271.251 (~71.25 กิโลเมตร)	40 เมตร (ที่ KP 200) ถึง 11 เมตร (ที่ KP 271.251)	เป็นการวางท่อในร่องที่ขุดขึ้นที่พื้นท้องทะเลโดยการพ่นทราย (Jetting) หรือตักทราย (Ploughing) แล้วฝังกลบท่อหนาประมาณ 1 เมตรเหนือหลังท่อ
KP 271.251 - KP 275.351 (4.1 กิโลเมตร)	11 เมตร (ที่ KP 271.251) ถึง 4 เมตร (ที่ KP 275.351)	เป็นการวางท่อในร่องที่ขุดขึ้นที่พื้นท้องทะเลโดยการใช้เรือขุดชนิดตัดและดูด (Cutter suction dredger) แล้วฝังกลบท่อหนาประมาณ 3 เมตรเหนือหลังท่อ
KP 275.351 - KP 276.355 (~1 กิโลเมตร)	4 เมตร (ที่ KP 275.351) ถึง 3 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล	เป็นการวางท่อโดยวิธีเจาะลอดชายฝั่ง แบบ Horizontal directional drilling ท่อจะอยู่ใต้ดินลึก 10-20 เมตร
KP 276.355 - KP 277.055 (700 เมตร)	0-3 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล	เป็นการขุดร่องช่วงใกล้โรงแยกก๊าซ โดยใช้ Backhoe แล้วฝังกลบท่อหนาประมาณ 3 เมตร เหนือหลังท่อ

หมายเหตุ : ตำแหน่งที่ระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุดคือ ที่ KP 276.251

รูปที่ 2.5 แสดงการวางท่อส่งก๊าซลงบนพื้นท้องทะเลโดยใช้เรือวางท่อ (Laybarge) ท่อแต่ละท่อนจะมีความยาว 12 เมตร ท่อจะถูกนำมาต่อกันและเชื่อมบนเรือวางท่อ เมื่อเชื่อมเสร็จ เรือวางท่อก็จะเคลื่อนตัวไปข้างหน้า 12 เมตร และทำการวางท่อลงบนพื้นท้องทะเล ในการเชื่อมต่อท่อจะต้องทำความสะอาดท่อก่อน จากนั้นจึงสวมปลอกพิเศษ (Special sleeve) หรือเทปพันรอบรอยต่อ ตามด้วยการเติม Mastic หรือ Foam และตรวจสอบความสมบูรณ์ของการต่อท่อด้วยรังสี (Radiographs) อนึ่ง ในระหว่างการวางท่อ ต้องให้มีแรงดึงในท่อพอสมควร เพื่อป้องกันมิให้ท่อโค้งงอมากเกินไป ชนิดของเรือวางท่อจะมีผลต่อความรวดเร็วของการวางท่อ Single-joint barge สามารถวางท่อได้ทีละท่อ แต่ถ้าเป็น Double-joint barge จะสามารถวางท่อได้ทีละสองท่อ นอกจากนั้นขนาดของท่อ ความหนาของท่อ ความหนาของการเคลือบท่อ และสภาพภูมิอากาศก็มีผลต่อความรวดเร็วของการวางท่อด้วย

หลังจากการวางท่อแล้วจะมีการสำรวจแนวท่อที่วางอีกครั้งเพื่อตรวจสอบว่าท่อวางตัวบนพื้นท้องทะเลดีหรือไม่ หากพบว่าท่อวางพาดหลุมหรือวางพาดส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงความลาดชัน ทำให้เกิด Span อาจต้องค้ำยัน หรือขุดดินส่วนที่สูงออก หรือใช้วิธีการอื่นๆ



รูปที่ 2.5 เรือวางท่อ (Laybarge) แสดงการปล่อยท่อที่เชื่อมแล้วลงจากเรือวางท่อและควบคุมแรงดึงในท่อเพื่อป้องกันการเกิด Buckling [Hosmanek, 1995]

บริเวณน้ำตื้นโกล้ชายฝั่ง (ช่วง KP 200 – KP 271.251) การวางท่อจะต้องมีการขุดร่องและฝังกลบ ความลึกของการขุดร่องขึ้นอยู่กับสภาพของแต่ละพื้นที่ สำหรับโครงการนี้ผิวท่อด้านบนจะอยู่ลึกจากระดับพื้นท้องทะเล 1 เมตร ในการขุดร่อง ท่อจะถูกวางลงให้มีระดับเสมอกับพื้นท้องทะเลและใช้เลื่อนเป่าทราย (Jet Sled) ซึ่งมีหัวฉีดน้ำติดอยู่ด้านหน้า การกลบจะทำโดยการดูดทรายจากบริเวณด้านข้างของท่อมากลบ

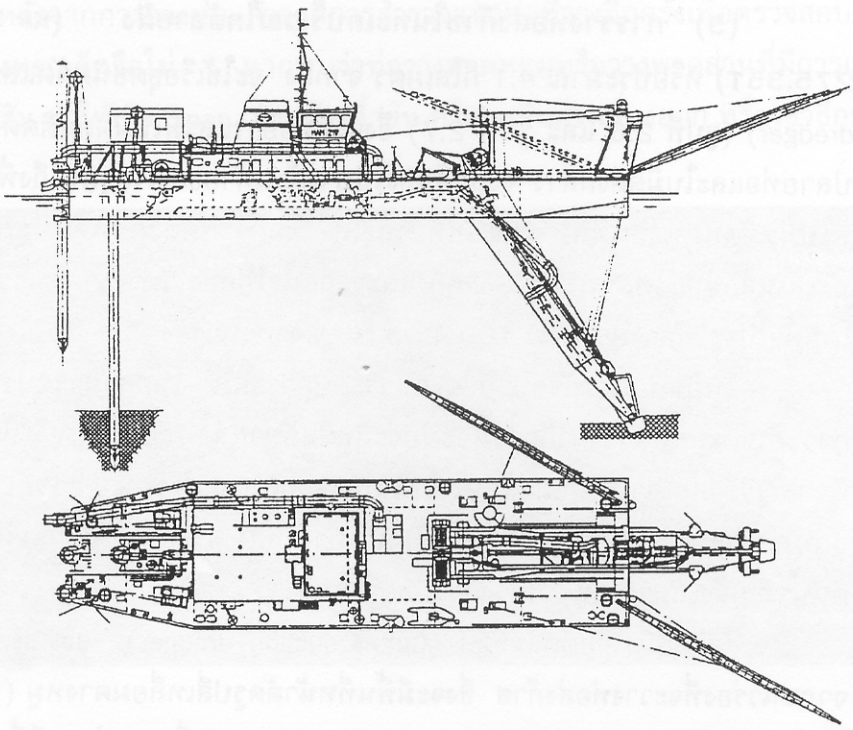
วิธีการขุดร่องหรือฝังกลบท่อในทะเล มักจะทำในบริเวณที่มีกระแสน้ำแรงหรือมีคลื่นแรง เนื่องจากกระแสน้ำแรงหรือคลื่นแรงอาจจะทำให้แนวท่อขยับไปจากแนวเดิมได้ และบริเวณที่มีกิจกรรมประมงที่มีการจอดเรือและมีการลงสมอเรือ ก็จะต้องทำการขุดร่องหรือฝังกลบเช่นกัน สภาพพื้นท้องทะเลในโครงการนี้มีลักษณะค่อยๆ ลาดชัน จึงอาจมีการขุดร่องหรือฝังกลบเป็นระยะทางค่อนข้างยาว

(5) การวางท่อส่งก๊าซในทะเลบริเวณใกล้ชายฝั่ง (KP 271.251 - KP 275.351) หรือประมาณ 4.1 กิโลเมตร จากฝั่ง จะใช้เรือขุดชนิดตัดและดูด (Cutter suction dredger) (รูปที่ 2.6 และ รูปที่ 2.7) ซึ่งจะมีท่อยาวและมีใบมีดตัดติดตั้งอยู่ด้านปลายของท่อ ปลายท่อและใบมีดดังกล่าว จะถูกยื่นลงไปทางด้านท้ายของเรือขุดไปถึงพื้นท้องทะเล ในขณะที่ใบมีดตัดหมุน/ปั่นดินบริเวณพื้นท้องทะเล ท่อก็จะดูดตะกอนดินที่ถูกตัด ปะปนไปกับน้ำทะเลในลักษณะโคลนเหลว (Slurry) และจะถูกนำไปกองไว้ห่างจากแนวร่องที่ขุดพอสมควร ซึ่งโดยทั่วไปจะให้ห่างประมาณ 100-200 เมตร จากแนวร่อง

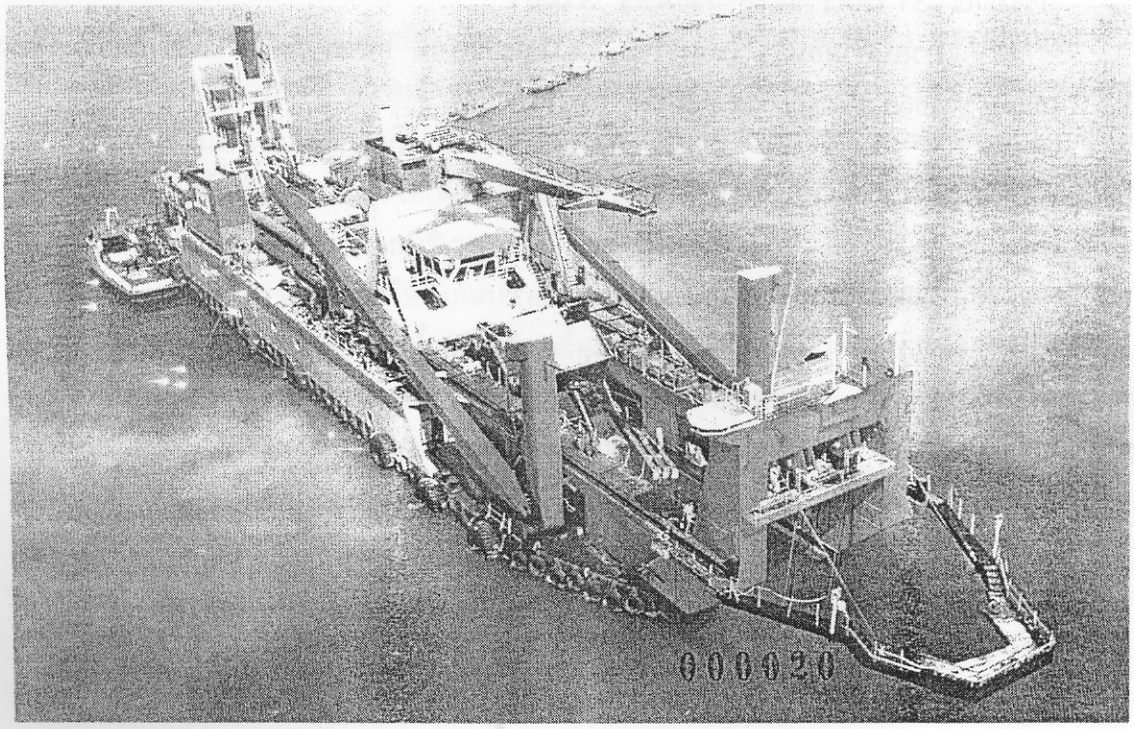
ใบมีดตัดสามารถปรับแต่งแนวระดับการขุดได้ โดยสามารถปรับขึ้น-ลง สัมพันธ์กับการขยับแนวสมอเรือ วิธีการนี้จะมีประสิทธิผลมากสำหรับการขุดร่องในโครงการนี้ ทั้งเมื่อพิจารณาถึงคุณภาพดินและลักษณะพื้นท้องทะเล นอกจากนี้ การที่เรือขุดชนิดนี้ทำงานในลักษณะต่อเนื่อง ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูง ประการสุดท้าย เรือขุดชนิดนี้มีขนาดเล็กกินน้ำตื้น จึงเหมาะสำหรับโครงการนี้อย่างยิ่ง

โดยวิธีนี้ เรือตัดและดูด (Cutter suction dredger) จะดูดดินตะกอนพื้นท้องทะเลจากแนวร่องที่จะวางท่อส่งก๊าซ ซึ่งจะมีพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (รูปที่ 2.8) นำไปกองไว้เป็นแนวห่างจากแนวท่อประมาณ 100-200 เมตร ซึ่งคาดว่าจะมีพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมูเช่นกัน แต่ความลาดชันน่าจะลดลงบ้าง คาดว่า ความลาดชันของผนังร่องและกองดินจะเท่ากับประมาณ 1:2 และ 1:4 ตามลำดับ (เป็นสมมุติฐานแบบ Conservative) ซึ่งจะทำให้ร่องกว้างประมาณ 22 เมตร ลึกประมาณ 4 เมตร ขณะเดียวกัน กองดินก็จะมีฐานกว้างประมาณ 31 เมตร และสูงประมาณ 3 เมตร

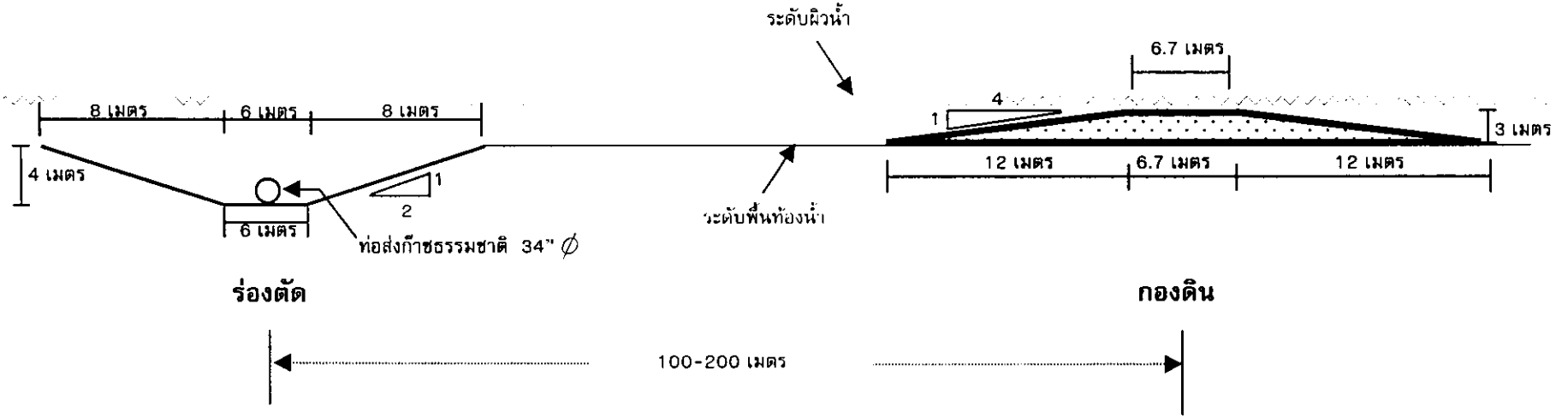
กรอบคำอธิบาย ในหน้า 2-44 และ 2-45 อธิบายลักษณะและวิธีการทำงานของ Cutter suction dredger โดยละเอียด



รูปที่ 2.6 ภาพวาดเรือขุดชนิดตัดและดูด



รูปที่ 2.7 เรือขุดชนิดตัดและดูดขณะทำงาน



รูปที่ 2.8 รูปหน้าตัดร่องท่อส่งก๊าซและกองดินที่เกิดจากการขุดร่อง

ลักษณะและวิธีการทำงานของ Cutter suction dredger

- **วิธีการลำเลียงตะกอนไปยังพื้นที่กองในระยะ 100-200 เมตร เพื่อรอการฝังกลบโดยการใช้เรือขุดชนิดตัดและดูด (Cutter suction dredger)** ลักษณะการทำงานของเรือขุดชนิดตัดและดูด ที่สำคัญนั้นประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

(1) ใบมีดตัด (Cutter) ซึ่งติดตั้งใกล้กับบริเวณปลายท่อ ทำหน้าที่ในการตัดให้ดินแตกตัวเป็นตะกอนดิน

(2) เครื่องสูบ (Pump system) ซึ่งจะประกอบด้วยท่อดูด ตัวเครื่องสูบ และท่อส่ง

เมื่อเรือขุดชนิดตัดและดูดทำงาน เรือจะทำการหย่อนใบมีดตัดลงสู่พื้นท้องทะเล และใช้อุปกรณ์ในการขับและหมุนใบมีดตัด ซึ่งปกติจะใช้เป็นมอเตอร์ในการขับให้ใบมีดตัดหมุน เพื่อตัดดินที่พื้นท้องทะเล ขณะเดียวกันตัวเครื่องสูบก็จะทำงานโดยดูดเอาตะกอนดินที่ถูกตัดผสมกับน้ำทะเล มีลักษณะเป็นดินโคลนเหลวผ่านไปทางท่อดูด และเข้าไปในตัวเครื่องสูบ และออกจากเครื่องสูบไปทางท่อส่ง ซึ่งจะมีลักษณะเป็นท่อยางที่ยืดหยุ่นได้ (Flexible hose) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-1.0 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเรือขุดที่จะใช้ทำงานนี้ ท่อยางนี้จะทำหน้าที่ลำเลียงตะกอนจากเรือขุดไปยังตำแหน่งที่เตรียมไว้กองตะกอน ท่อยางแต่ละท่อนจะมีความยาวประมาณ 12 เมตร เชื่อมต่อกันด้วยหน้าแปลน ต่อเนื่องกันให้ได้ความยาวตามที่ต้องการ ท่อยางจะมีการติดตั้งทุ่นลอยไว้เป็นช่วงๆ เพื่อหนุนให้ท่อยางลอยและสามารถเคลื่อนที่ได้ ทำให้การควบคุมตำแหน่งที่จะกองตะกอนทำได้โดยง่าย ความยาวทั้งหมดของท่อยางประมาณ 250 เมตร

ที่ส่วนปลายของท่อยาง จะมีลักษณะเป็นข้องอฉากและต่อเข้ากับหัวปล่อยตะกอน (Spreader) ซึ่งจะมีการออกแบบหลายรูปแบบ แต่มีหลักการและจุดประสงค์คล้ายกันคือทำหน้าที่ในการควบคุมการฟุ้งกระจายและทำให้อัตราการไหลของตะกอนลดลง เช่น หัวปล่อยตะกอนแบบกรอง (Strainer หรือ Diffuser type) จะมีลักษณะเป็นท่อตรงที่สวมเข้าส่วนปลายของท่อยาง และท่อตรงนี้จะถูกเจาะรูโดยรอบคล้ายกับหัวกะโหลกของเครื่องสูบน้ำสำหรับงานเกษตรกรรม

ในขณะที่เรือขุดยังไม่ได้ปฏิบัติงาน ส่วนปลายของท่อยางและหัวปล่อยตะกอนจะถูกวางและโยงยึดอยู่บนเรือท้องแบน (Pontoon) เมื่อเรือขุดเริ่มปฏิบัติงาน เรือท้องแบนจะเคลื่อนย้ายปลายท่อยางและหัวปล่อยตะกอนไปยังตำแหน่งที่ต้องการจะกองตะกอน ซึ่งจากการสำรวจและออกแบบพบว่า ระยะห่างของตำแหน่งที่กองตะกอนกับแนวท่อก๊าซที่เหมาะสมในโครงการนี้อยู่ที่ประมาณ 100 - 200 เมตร นอกจากนั้นเรือท้องแบนจะทำหน้าที่ควบคุมการหย่อนปลายท่อลงสู่ท้องทะเลตามความลึกของท้องทะเลด้วย

- ***วิธีการนำตะกอนจากการขุดลอกมากลบฝังท่อ***

เมื่อท่อส่งก๊าซในทะเลถูกวางอยู่ในร่องที่ขุดเรียบร้อยแล้ว การทำงานของเรือขุดเพื่อนำตะกอนที่กองไว้กลับมายังร่องที่ขุด จะมีลักษณะของการทำงานคล้ายกับการทำงานในช่วงที่ขุดร่อง คือ เรือขุดจะเคลื่อนที่ไปยังบริเวณที่กองตะกอนดิน และทำการดูดตะกอนด้วยเครื่องสูบ ตะกอนดินจะถูกดูดผ่านท่อดูด ผ่านเครื่องสูบและออกไปทางส่วนปลายของท่อยางและหัวปล่อยตะกอนและลงสู่ร่องที่ต้องการจะฝังกลบ โดยเรือท้องแบนจะทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนย้ายส่วนปลายของท่อยางและหัวปล่อยตะกอนหย่อนลงไปยังร่องที่ได้ขุดไว้ และเรือท้องแบนจะเคลื่อนที่ไปเรื่อยๆ ตามแนวร่องที่ได้ขุดไว้ จนกระทั่งการกลบท่อเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์

ลักษณะและวิธีการทำงานของ Cutter suction dredger (ต่อ)

- ***วิธีการควบคุมการฟุ้งกระจายของตะกอนขณะขุดลอกและลำเลียงไปยังพื้นที่กองและพื้นที่ฝังกลบ***

สำหรับการควบคุมการฟุ้งกระจายของตะกอนนั้น ตามที่ได้อธิบายข้างต้นบางส่วนแล้วว่าส่วนปลายท่อยางที่ใช้เคลื่อนย้ายตะกอนจะต่อเข้ากับหัวปล่อยตะกอน (Spreader) ซึ่งมีหลายแบบ เช่น หัวปล่อยตะกอนแบบกรอง (Strainer หรือ Diffuser type) ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อตรงเจาะรูโดยรอบคล้ายกับหัวกะโหลกของเครื่องสูบน้ำสำหรับงานเกษตรกรรม เพื่อทำหน้าที่ในการควบคุมการฟุ้งกระจายและทำให้อัตราการไหลของตะกอนลดลง ช่วยลดความขุ่นลงได้มาก อนึ่ง ในขณะที่มีการปล่อยตะกอนลงสู่พื้นท้องทะเล เรือท้องแบนจะทำหน้าที่ควบคุมระดับความลึกของหัวปล่อยตะกอน โดยจะประสานงานกับผู้ควบคุมงานบนเรือขุดตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน

- ***การจัดการปริมาณตะกอนที่เหลือจากการฝังกลบท่อ***

ตะกอนดินทั้งหมดที่ขุดขึ้นมาในช่วงระยะ 4.1 กิโลเมตรมีปริมาตร

$= \frac{1}{2}$ (22 + 6) เมตร x 4 เมตร x 4,100 เมตร

= 229,600 ลูกบาศก์เมตร

ซึ่งจากประสบการณ์พบว่า การกองดินเพื่อรอคอยการดูดกลับมาใช้ในลักษณะนี้ ตะกอนดินจะสูญเสียไปโดยการพัดพาของกระแสน้ำประมาณ 5% หรือประมาณ 14,000 ลูกบาศก์เมตร*

ในการกลบฝังท่อ จะมีช่องว่างของดิน อันเกิดจากปริมาตรท่อเท่ากับ**

$= \left\{ \frac{\pi}{4} (43 \times 0.0254)^2 + \frac{\pi}{4} (16 \times 0.0254)^2 \right\} \times 4,100$

$= (0.9369 + 0.1297) \times 4,100$

= 4,373 ลูกบาศก์เมตร

ซึ่งหมายความว่าดินตะกอนจะขาดแทนที่จะเหลือ (ประมาณ 3%) ซึ่งจะทำให้แนวท่อเป็นร่องเล็กน้อย (ความลึกเฉลี่ยประมาณ 8 เซนติเมตร) ซึ่งคาดว่าจะถูกเกลี่ยให้กลับสภาพเดิมโดยกระแสน้ำในเวลาไม่นานนัก และไม่ใช่ผลกระทบสำคัญ

---

* การอ้างอิงตัวเลข 5% ของตะกอน ที่สูญเสียไปจากการพัดพาของกระแสน้ำ เป็นประมาณการจากประสบการณ์การทำงานของบริษัทที่ปรึกษา Bechtel International Inc. ซึ่งมีประสบการณ์ในงานก่อสร้างวางท่อในทะเลหลายโครงการและหลายประเทศทั่วโลก ตัวเลขดังกล่าวไม่สามารถหาเอกสารอ้างอิงได้ เนื่องจากไม่มีการทำการวิจัยเฉพาะทางด้านนี้โดยตรง เป็นตัวเลขที่ใช้ในการประเมินประกอบการคำนวณปริมาณตะกอนที่จะเหลือเพื่อกลบร่องที่วางท่อแล้ว

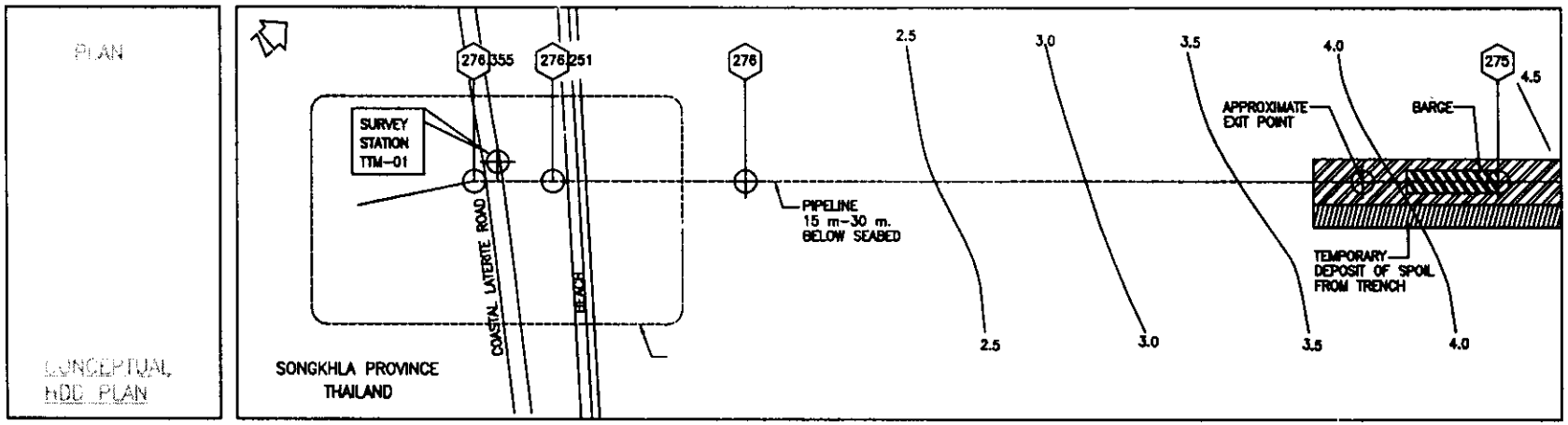
**ท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 34 นิ้ว เคลือบคอนกรีตหนา 4.5 นิ้ว มีเส้นผ่านศูนย์กลาง = 43 นิ้ว
ท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว เคลือบคอนกรีตหนา 3 นิ้ว มีเส้นผ่านศูนย์กลาง = 16 นิ้ว

(6) การวางท่อส่งก๊าซขึ้นฝั่งโดยการเจาะลอด (HDD : Horizontal directional drilling) (KP 275.351 - KP 276.355) ความยาวประมาณ 1,000 เมตรเศษ เริ่มจากตำแหน่งที่ห่างออกไปในทะเลประมาณ 900 เมตร คือที่ KP 275.351 จนถึงตำแหน่งที่ตั้งของแท่นเจาะลอด ซึ่งห่างจากตำแหน่งที่ระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุด (KP 276.251) ประมาณ 100 เมตร คือที่ KP 276.355 ซึ่งจะเป็นจุดเชื่อมต่อกับท่อส่งก๊าซบนบกที่จะเข้าสู่โรงแยกก๊าซ

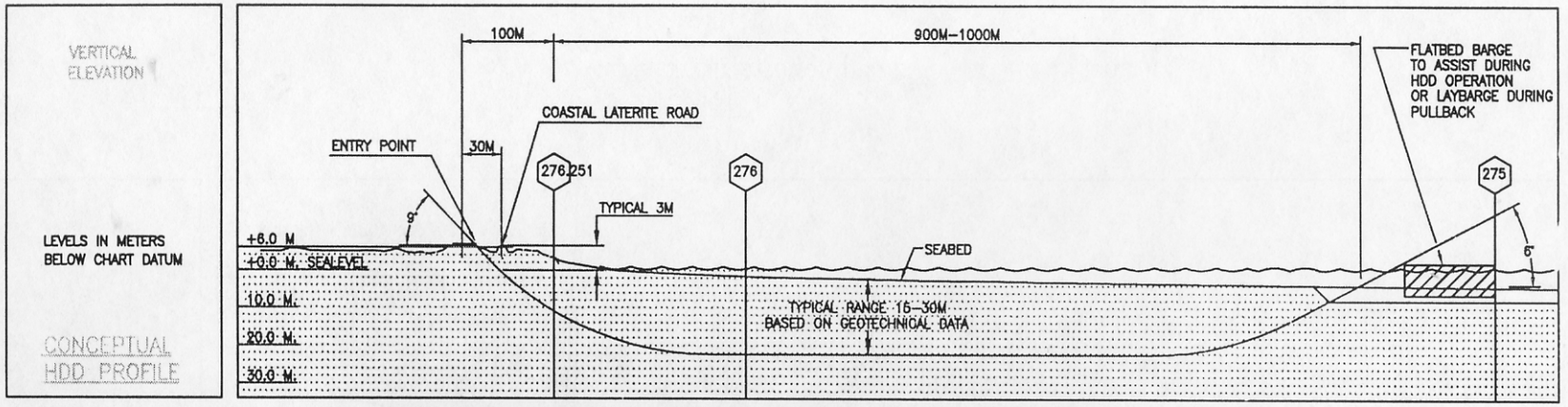
วิธีการเจาะลอดเป็นวิธีการที่ได้ทำกันมามากกว่า 25 ปี แล้ว แต่การเจาะลอดชายฝั่งทะเลได้มีการดำเนินการไม่มากครั้งนัก เนื่องจากจะมีความยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การเจาะลอดริมชายฝั่งทะเลที่ประสบผลสำเร็จก็มีบ้าง แม้ในประเทศมาเลเซียก็ประสบผลสำเร็จเช่นกัน (รูปที่ 2.9-2.11)

ขั้นตอนที่จำเป็นสำหรับในการเจาะลอด มีดังนี้

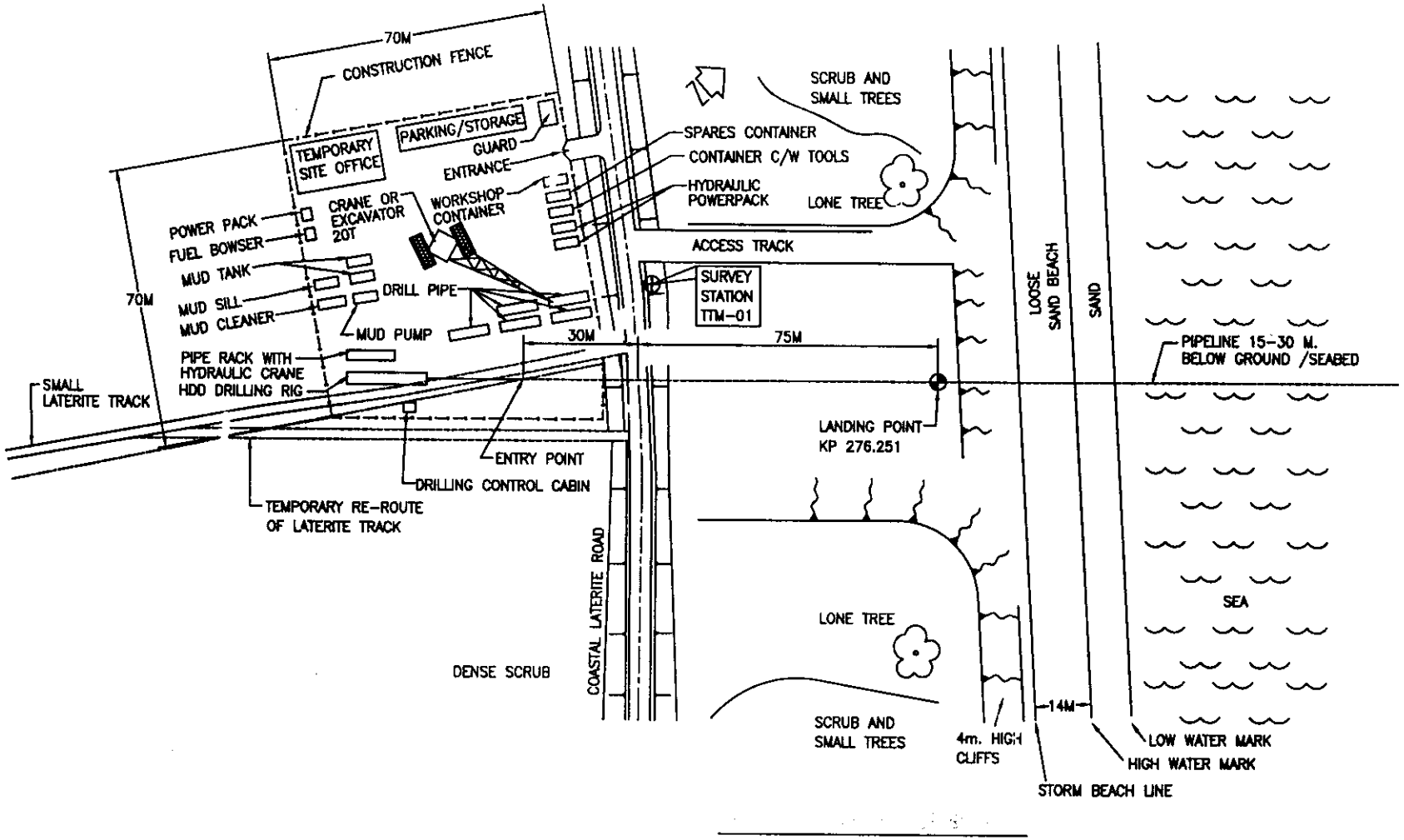
- หลังจากการประมูลงานแล้ว ผู้รับเหมาก่อสร้างจะตรวจสอบพิจารณาออกแบบงานวิศวกรรมของวิธีการวางท่อขึ้นฝั่งแบบเจาะลอด และเลือกแบบก่อสร้างของการก่อสร้างช่วงขึ้นฝั่งให้เหมาะสมกับพื้นที่ วัสดุ อุปกรณ์ ทุ่นลอย และเครื่องมืออื่นๆ ที่สามารถหาได้
- เมื่อแบบก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์และผ่านการพิจารณาจากเจ้าของงานแล้ว ตารางเวลาการก่อสร้างของโครงการและวันเวลาแน่นอนของการก่อสร้างแนวท่อช่วงขึ้นฝั่งจะถูกกำหนด รวมทั้งช่วงระยะเวลาการวางท่อเจาะลอดชายฝั่ง และขั้นตอนการทำงานต่างๆ ตั้งแต่ต้นจนจบงาน ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวจะถูกกำหนดให้สอดคล้องกับกิจกรรมการก่อสร้างอื่นของผู้รับเหมาก่อสร้าง
- พื้นที่อ่อนไหวทางสิ่งแวดล้อมจะถูกกำหนด เพื่อจำกัดบริเวณที่คนงานสามารถจะเข้าไปได้ และบริเวณที่ห้ามคนงานเข้าให้ชัดเจน กำหนดพื้นที่ก่อสร้างและทางเข้า-ออกที่แน่นอน จัดเตรียมพื้นที่ก่อสร้างและพื้นถนนทางเข้า-ออก ให้อยู่ในสภาพมั่นคงแข็งแรงพอที่จะใช้สำหรับขนส่งและจัดเก็บเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ และมีรั้วกั้นเขตก่อสร้าง
- เมื่อจัดเตรียมพื้นที่ทำงานแล้ว เครื่องใช้สำนักงานและสุขาเคลื่อนที่ จะถูกติดตั้ง รวมทั้งเครื่องมือขุดเจาะและอุปกรณ์ก่อสร้างอื่นๆ ส่วนโคลนเหลวหรือเบนโทไนต์ ที่ใช้ในการช่วยเจาะจะจัดเก็บไว้ในคอนเทนเนอร์ เบนโทไนต์ทำหน้าที่สำคัญหลายอย่างในการเจาะลอด เช่น ใช้ในการขับเคลื่อนชิ้นส่วนสว่าน หล่อลื่น และเกาะยึดโพรงเจาะ
- ในขณะเดียวกันที่นอกชายฝั่ง จะมีการขุดร่องเพื่อวางท่อลึกประมาณ 4 เมตร ตามแนวท่อห่างจากฝั่งประมาณ 900 - 1,000 เมตร ที่ซึ่งจะเป็นจุดออกของท่อที่เจาะลอดชายฝั่ง และมีเรือวางท่อลอยลำอยู่บริเวณเดียวกัน
- มีการเจาะนำด้วยเครื่องมือขุดเจาะจากบนชายฝั่งตามแนวที่กำหนดไว้จนกระทั่งถึงจุดออกของท่อ เรือวางท่อที่ลอยลำอยู่ใกล้ๆ จะเคลื่อนที่มาจับส่วนปลายของแกนสว่านไว้ แล้วเปลี่ยนหัวเจาะเป็นหัวคว้าน หัวคว้านขนาดต่างๆ จะทำการคว้านเข้า-คว้านออก จนกว่าจะได้โพรงที่พอดีกับขนาดของท่อส่งก๊าซ



รูปที่ 2.9 การวางท่อส่งก๊าซโดยวิธีเจาะลอด : Plan



รูปที่ 2.10 การวางท่อส่งก๊าซโดยวิธีเจาะลอด : Profile



รูปที่ 2.11 การวางท่อส่งก๊าซโดยวิธีเจาะลอด : Layout

• เมื่อขุดเจาะโพรงแล้ว เรือวางท่อจะเริ่มเชื่อมท่อส่งก๊าซเข้าด้วยกันและติดตั้งแกนสว่านไว้ที่ปลายท่อ หลังจากนั้น เครื่องขุดเจาะบนฝั่งจะดึงท่อลงน้ำกลับไปตามโพรงที่เจาะไว้จนกระทั่งทะลุถึงจุดปากโพรงบนฝั่ง เป็นอันสิ้นสุดวิธีการวางท่อแบบเจาะลอดชายฝั่ง ซึ่งจะได้ทำการทดสอบท่อด้วยแรงดันน้ำต่อไปเพื่อตรวจสอบว่าท่อที่เชื่อมไม่มีความเสียหายระหว่างการดึงท่อกลับ หลังจากทดสอบท่อเสร็จสิ้นแล้ว เรือวางท่อจะเคลื่อนย้ายออกจากบริเวณนั้นเพื่อวางท่อในพื้นที่อื่นต่อไป

• เมื่อทำการวางท่อขึ้นชายฝั่งด้วยวิธีเจาะลอดชายฝั่งเรียบร้อยแล้ว พื้นที่ทำงานบนฝั่งอุปกรณ์การก่อสร้างต่างๆ จะถูกรื้อถอนออกไปและคืนสภาพพื้นที่สู่สภาพเดิม รั้วกั้นเขตก่อสร้างชั่วคราวและสำนักงานอาจต้องทิ้งไว้ในพื้นที่ก่อน จนกว่าท่อส่งก๊าซได้รับการทดสอบว่าทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

• การวางท่อขึ้นชายฝั่งด้วยวิธีเจาะลอดชายฝั่ง เป็นความพยายามในการป้องกันความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นจากการดำเนินการวิธีขุดเปิดหน้าดิน ซึ่งจะสามารถป้องกันความเสียหายได้มากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีขุดเปิดหน้าดิน อย่างไรก็ตาม การเจาะลอดชายฝั่ง ต้องอาศัยสารช่วยเจาะคือโคลนเบนโทไนต์ ซึ่งอาจรั่วซึมสู่ผิวดิน และสูญเสียสู่ท้องน้ำในระยะการเจาะช่วงสุดท้ายเมื่อทะลุสู่พื้นทะเล ซึ่งจะต้องมีมาตรการจัดการและกำจัดสารที่ใช้แล้วเหล่านี้อย่างเหมาะสม

(7) **การทำ Corrosion coating และ Concrete weight coating และการต่อท่อส่งก๊าซ** การป้องกันการกัดกร่อนของท่อเพื่อให้อายุการใช้งานได้ยาวนานจะทำโดย

• การเคลือบท่อภายนอก (External pipeline coating) โดยการเคลือบท่อด้วย Coal tar enamel ให้มีความหนาอย่างต่ำ 5/32 นิ้ว และพอกด้วยคอนกรีตหนา 4.5 นิ้ว ในส่วนของท่อที่วางบนพื้นท้องทะเล

• การเตรียมภายในท่อ (Internal pipeline preparation) เพื่อให้ภายในท่อมีความสะอาดและแห้ง โดยเฉพาะก่อนการเชื่อมจะต้องทำการทำความสะอาดภายในท่อให้ปราศจากเศษเหล็กหรือฝุ่น และทำให้ผิวท่อภายในเรียบ โดยค่าความขรุขระ (Roughnesss) ไม่เกิน 19 ไมครอน (ค่าเฉลี่ย) และมีค่าสูงสุดไม่เกิน 30 ไมครอน การทำความสะอาดภายในท่อจะทำโดยการเป่า (Blast cleaning หรือ Blast cleaning and wire brushing) ภายใต้สภาวะที่กำหนดโดยมาตรฐาน Swedish Standard SIS 05990

• การทำ Cathodic protection ออกแบบให้มีอายุการใช้งาน 40 ปี โดยวิธี Sacrificial anodes ผูกกับท่อ การออกแบบเป็นไปตามมาตรฐานการวางท่อในทะเล Anodes ที่เลือกใช้เป็น Aluminium - Indium anodes เนื่องจากมีประสิทธิภาพที่เชื่อถือได้ภายใต้สภาวะน้ำทะเลและพื้นท้องทะเลที่เป็นพวกทรายแป้ง