

บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการศึกษา

3.1 ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการประเมินโครงสร้างท่อใต้ดินด้านทานแรงแผ่นดินไหวสำหรับท่อเหล็กใต้ดินที่ก่อสร้างตามมาตรฐานของการประปานครหลวง โดยประเมินผลกระทบจากแรงแผ่นดินไหว ตามมาตรฐานของ ALA-ASCE 2005 ว่าจะเกิดความเสียหายกับโครงสร้างท่อเหล็กใต้ดินอย่างไร ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการศึกษาได้ดังนี้

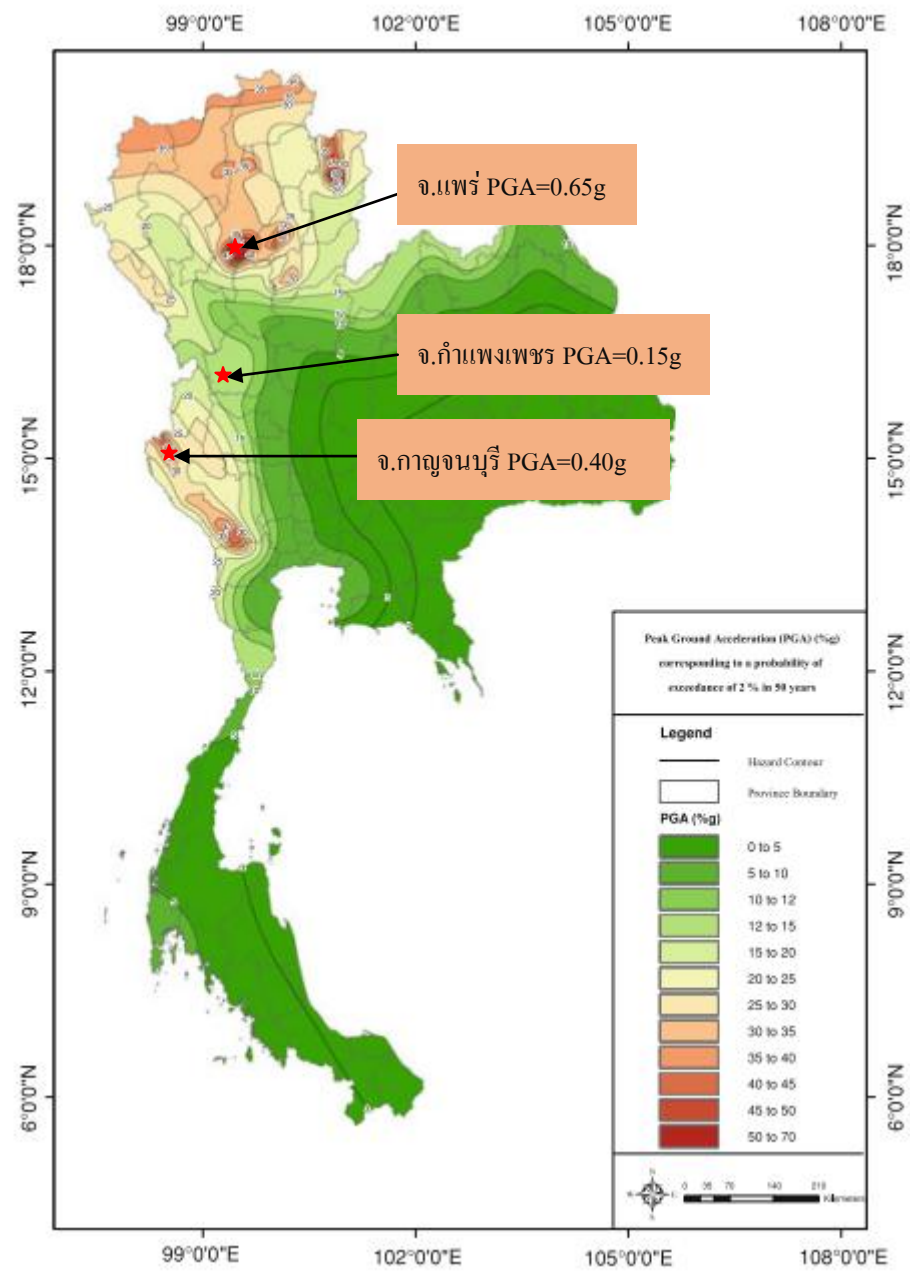
1. เลือกรูปแบบของท่อเหล็กใต้ดินตามมาตรฐานของการประปานครหลวง คือ ท่อเหล็กเหนียวขนาด $\varnothing$ 600 มม. และ ขนาด $\varnothing$ 800 มม. โดยใช้วิธีการขุดวางที่ความลึก 2.50 เมตร และการวางท่อโดยวิธีดินลอดสำหรับท่อขนาด $\varnothing$ 1,000 มม. , $\varnothing$ 1,200 มม. และขนาด $\varnothing$ 1,500 มม.
2. สมมุติพื้นที่ในการศึกษาเป็น 3 พื้นที่ที่มีความรุนแรงแผ่นดินไหวน้อย รุนแรงปานกลาง และความรุนแรงสูง โดยใช้พื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดแพร่ เป็นตัวแทนความรุนแรงจากแรงแผ่นดินไหว น้อย ปานกลาง และรุนแรงตามลำดับ
3. ประเมินโครงสร้างท่อเหล็กใต้ดินเมื่อมีผลกระทบจากคลื่นแผ่นดินไหวมากระทำในความรุนแรงต่างๆตามมาตรฐานของ ALA-ASCE 2005 โดยพิจารณาผลจาก 1) การพังทลายของดิน (Permanent ground deformation) 2) แรงลอยตัวเมื่อมีน้ำใต้ดินหรือชั้นทรายอ่อน (Buoyancy due to liquefaction) 3) การแพร่กระจายของคลื่นแผ่นดินไหว (Seismic wave propagation)

3.2 การกำหนดที่ตั้งของการประเมินแรงแผ่นดินไหว

การศึกษานี้ตั้งสมมติฐานให้การวางท่อเหล็กใต้ดินที่จะทำการศึกษาดังอยู่ในพื้นที่ที่มีแรงแผ่นดินไหว โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับความรุนแรงคือ

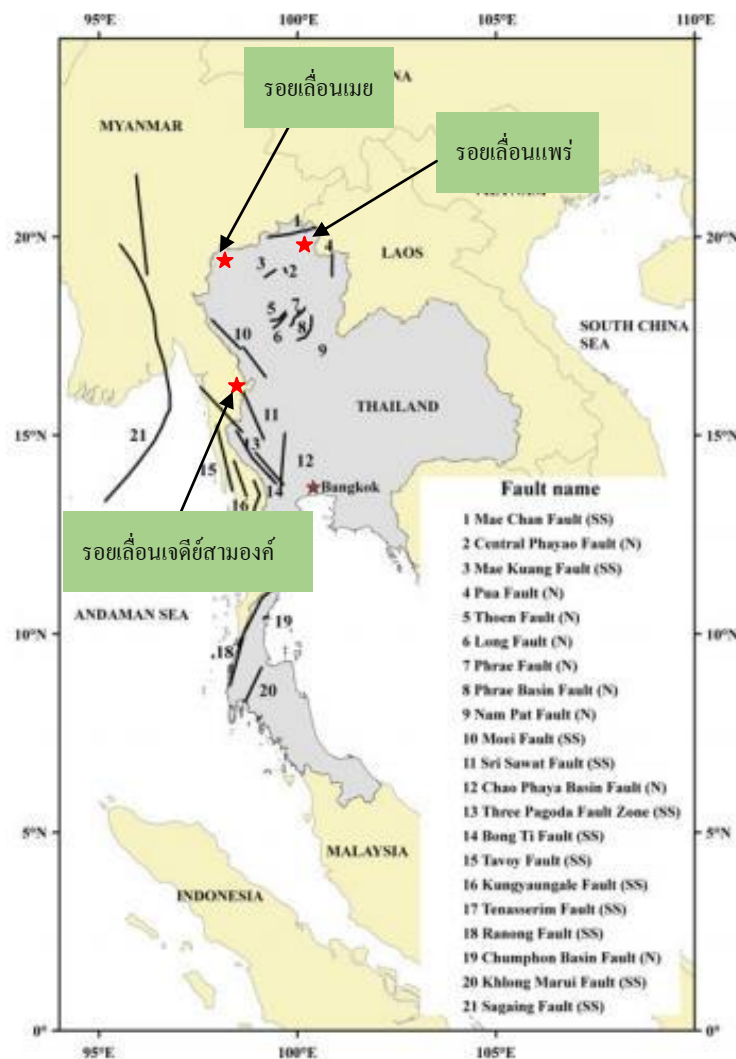
1. ความรุนแรงน้อยตั้งสมมติฐานว่าเป็นจังหวัดกำแพงเพชร
2. ความรุนแรงปานกลางตั้งสมมติฐานว่าเป็นจังหวัดกาญจนบุรี
3. ความรุนแรงสูงตั้งสมมติฐานว่าเป็นจังหวัดแพร่

ทั้งนี้การแบ่งพื้นที่อาศัยการแบ่งตามค่าของ PGA ที่มีโอกาสรุนแรงเกิน 2 % ใน 50 ปี ตามการศึกษาของ Teraphan Ornthammarath และคณะ [10] ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงแผนที่แบ่งโซนตามค่า PGA ของโอกาสการเกิดความรุนแรง
จากแผ่นดินไหว 2% ใน 50 ปี [10]
(ที่มา: Teraphan Ornthammarath และคณะ, พ.ศ.2553)

แผ่นดินไหวระดับที่กำหนดนี้จะตรงกับระดับความรุนแรงสำหรับการออกแบบท่อ Class I ตามมาตรฐาน ALA-ASCE 2005 จะสมมติให้เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ใช้ในการออกแบบเป็นผลจากรอยเลื่อนที่อยู่ในบริเวณจังหวัดที่พิจารณาได้แก่ 1.รอยเลื่อนเมย (Moei Fault) สำหรับจังหวัดกำแพงเพชร 2. รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (Three Pagoda Fault Zone) สำหรับจังหวัดกาญจนบุรี และ 3. รอยเลื่อนแพร่ (Phrae Fault) สำหรับจังหวัดแพร่ ตำแหน่งรอยเลื่อนและบริเวณที่พิจารณาแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 รอยเลื่อนของเปลือกโลก 21 รอยที่เกิดในประเทศไทย [10]

(ที่มา: Teraphan Ornthammarath และคณะ, พ.ศ.2553)

คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการศึกษานี้ ใช้คลื่นแผ่นดินไหวจากข้อมูลที่บันทึกได้จากการเก็บข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา Thai Meteorological Department (TMD) และค่า Peak ground acceleration (PGA) จากการศึกษาวิจัยความน่าจะเป็นที่จะเกิดอันตรายจากแรงแผ่นดินไหว (Probabilistic seismic hazard assessment for Thailand) [10] โดยแบ่งเป็นพื้นที่ความรุนแรงของแผ่นดินไหว การแบ่งชั้นดิน และระยะทางจากจุดที่เกิดคลื่นแผ่นดินไหวตามรอยเลื่อนให้สอดคล้องกับมาตรฐานของ ALA-ASCE 2005 กับจุดที่วางโครงสร้างท่อใต้ดินดังแสดงในตารางที่ 3.1 และในการศึกษาจะกำหนดค่า PGA ในแต่ละตัวแทนจังหวัด โดยอาศัยผลการศึกษาความน่าจะเป็นที่จะเกิดแผ่นดินไหวดังนี้

- | | |
|--------------------------|-------------|
| 1.จังหวัดกำแพงเพชรใช้ค่า | PGA = 0.15g |
| 2.จังหวัดกาญจนบุรีใช้ค่า | PGA = 0.40g |
| 3.จังหวัดแพร่ใช้ค่า | PGA = 0.65g |

ตารางที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ของ PGA และ PGV ในการคำนวณความเครียดจากแรงแผ่นดินไหวของชั้นดิน Stiff Soil และ ชั้นดิน Soft Soil

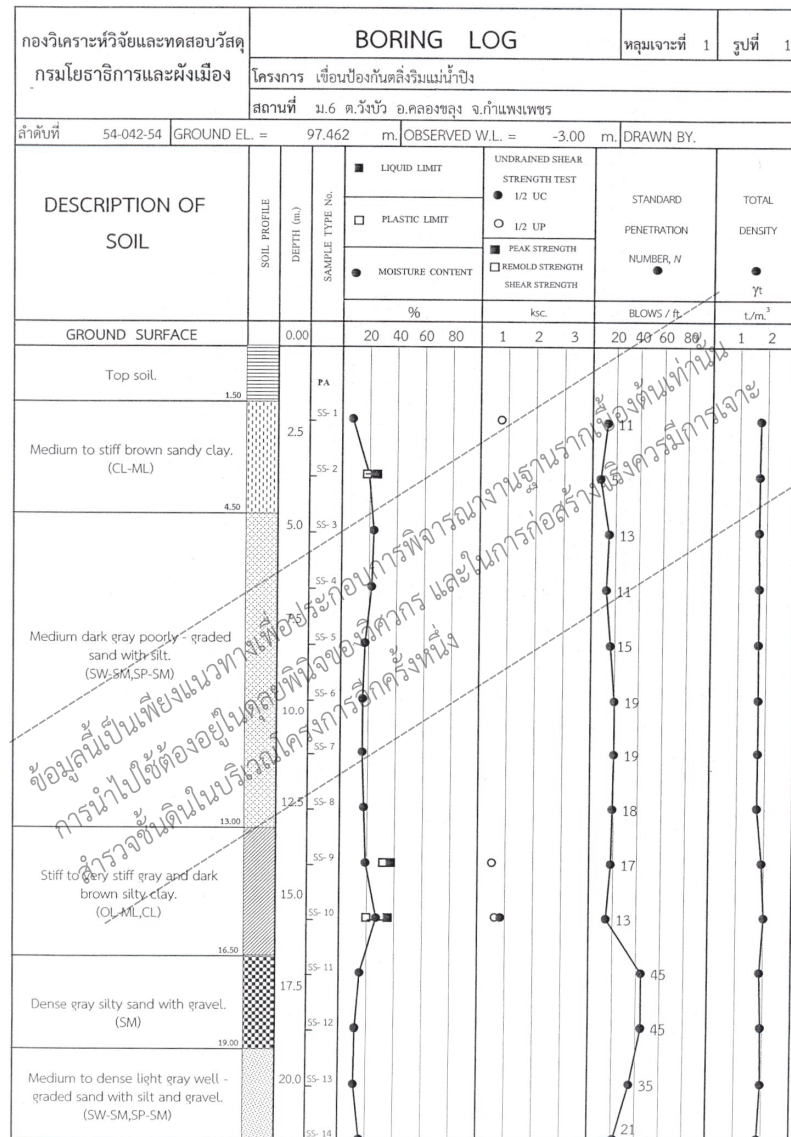
Soil Class	Mw	PGV/PGA	PGV/PGA	PGV/PGA
		Distance 0-20 (km)	Distance 20-50 (km)	Distance 50-100 (km)
Stiff Soil	6.5	94	102	109
	7.5	140	127	155
Soft Soil	6.5	140	132	142
	7.5	208	165	201

3.3 การกำหนดชั้นดินในการศึกษาการออกแบบรับแรงแผ่นดินไหว

ในขณะที่เกิดแผ่นดินไหวชั้นดินที่ท่อดำวางอยู่มีผลต่อการคำนวณหาค่าความเครียดที่ใช้งานในแต่ละพื้นที่ ในการศึกษานี้ระดับในการวางท่อเหล็กใต้ดินจะมี 2 ระดับ คือที่ระดับ 2.50 เมตรสำหรับการวาง

ทอแบบขุดวาง และระดับที่ 5.00 เมตร สำหรับแบบดินลวด ในการศึกษาจะสมมุติให้ชั้นดินมีลักษณะดังนี้

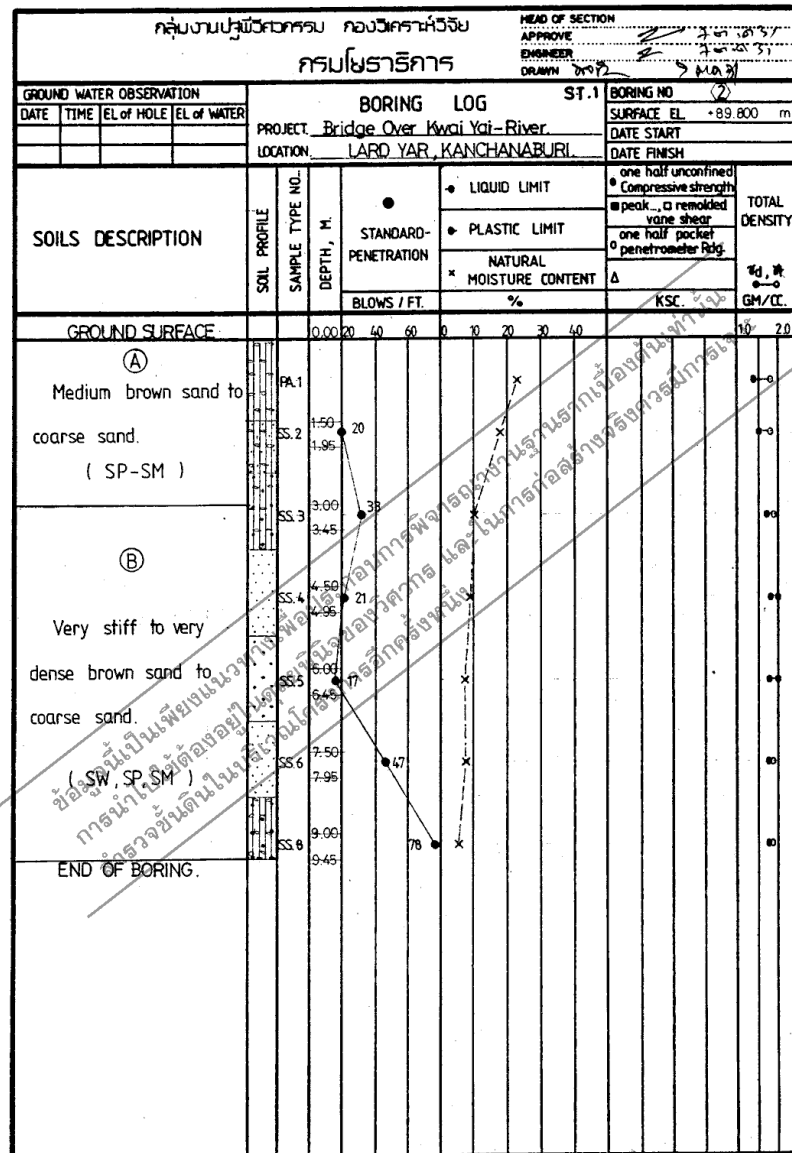
ก) ชั้นดินในจังหวัดกำแพงเพชรสำหรับแผ่นดินไหวที่มีความรุนแรงน้อย สมมุติให้มีลักษณะชั้นดินตามที่แสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ภาพแสดงชั้นดินที่ใช้ออกแบบในจังหวัดกำแพงเพชร [11]

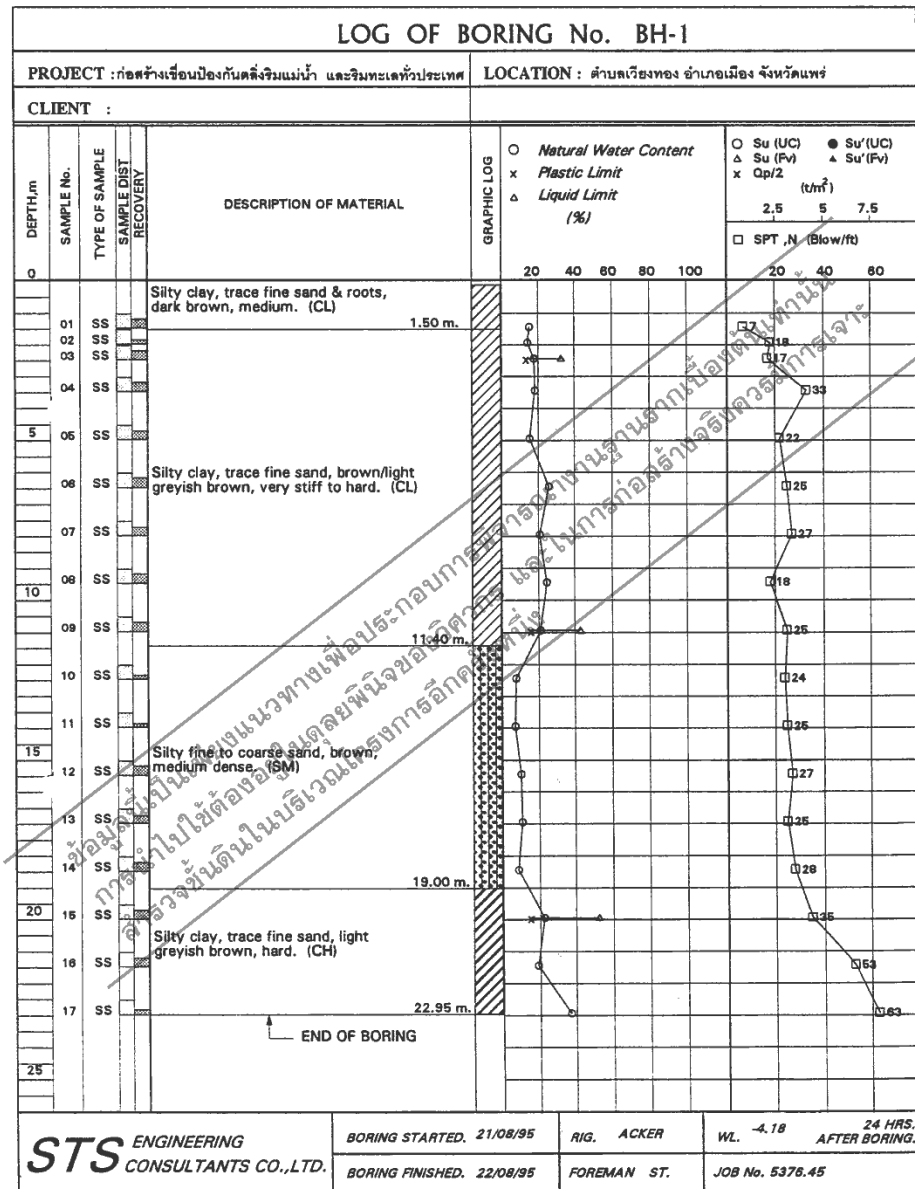
(ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง, พ.ศ. 2557)

ข) ชั้นดินในจังหวัดกาญจนบุรีสำหรับแผ่นดินไหวที่มีความรุนแรงปานกลาง สมมุติให้ชั้นดินมีลักษณะดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ภาพแสดงคุณสมบัติของดินที่ใช้ออกแบบในจังหวัดกาญจนบุรี [11]
(ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง, พ.ศ. 2557)

ค) ชั้นดินในจังหวัดแพร่สำหรับแผ่นดินไหวที่มีความรุนแรงมาก สมมุติให้ชั้นดินมีลักษณะ
ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ภาพแสดงคุณสมบัติของดินที่ใช้ออกแบบในจังหวัดแพร่ [11]
(ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง, พ.ศ. 2557)

3.4 พารามิเตอร์ในการคำนวณความเครียดตามมาตรฐาน ALA-ASCE 2005

ในการคำนวณความเครียดตามมาตรฐานของ ALA-ASCE 2005 จะแบ่งออกเป็นค่าความเครียดที่เกิดจาก 2 กรณี คือ 1) ความเครียดจากแรงใช้งานภายในท่อเหล็กจากแรงดันภายในเมื่อมีการจ่ายน้ำในเส้นท่อ และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปในการใช้งาน และ 2) ความเครียดจากแรงแผ่นดินไหว

ในการคำนวณหาจะกำหนดให้มีพารามิเตอร์ในการคำนวณต่างๆ พร้อมทั้งกำลังวัสดุที่ใช้มีค่าดังต่อไปนี้

3.4.1 พารามิเตอร์ในการคำนวณความเครียดจากแรงใช้งาน (Operation Strain)

การคำนวณความเครียดจากแรงใช้งานคือ ความเครียดที่เกิดจากแรงดันภายในท่อในการจ่ายน้ำผ่านท่อเหล็กใต้ดิน และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเมื่อทำการก่อสร้างท่อเหล็กกับอุณหภูมิเวลาใช้งานจริงโดยใช้สมการจากบทที่ 2 (หัวข้อ 2.3.2) จะสมมุติค่ามีพารามิเตอร์และกำลังของท่อเหล็กที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

$$1. \text{Yield stress of pipe material } (\sigma_y) = 230 \text{ Mpa}$$

$$2. \text{Modulus of elasticity } (E) = 200,000 \text{ Mpa}$$

$$3. \text{Yield stress of pipe material } (\varepsilon_y) = 0.00125$$

$$4. \text{Failure strain of the pipe in tension } (\varepsilon_u) = 0.15 (15\%)$$

$$5. \text{แรงดันภายในท่อเหล็กใช้งาน } (P) = 3 \text{ Mpa}$$

$$6. \text{ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ } (D) = 0.6 - 1.50 \text{ m.}$$

$$7. \text{Poisson's ratio } (\mu) = 0.3 \text{ (สำหรับท่อเหล็ก)}$$

8. ความหนาของผนังท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 600, 800 1,000 1,200 และ 1,500 (t) โดยใช้ความหนาของผนังท่อก่อนการเคลือบแบบบนดินตามตารางที่ 2.2

$$9. \text{อุณหภูมิเมื่อวางท่อเหล็กใต้ดิน และอุณหภูมิเมื่อใช้งาน แบบขุดวาง } (T_I, T_2) = 30 \text{ และ } 32$$

$$\text{อุณหภูมิเมื่อวางท่อเหล็กใต้ดิน และอุณหภูมิเมื่อใช้งาน แบบดินลอด } (T_I, T_2) = 25 \text{ และ } 28 \text{ } ^\circ\text{C}$$

10. ค่า Linear coefficient of thermal expansion of steel (α) ค่าการขยายตัวของเหล็กเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง = $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

3.4.2 พารามิเตอร์ในการคำนวณความเครียดจากแผ่นดินไหวเนื่องจากการทรุดตัวของดิน (Permanent Ground Deformation , PGD)

การคำนวณความเครียดจากแรงการทรุดตัวของชั้นดินทั้งการพังทลายตามแนวท่อ (Longitudinal Permanent Ground Deformation) และการพังทลายตามแนวตั้งฉากกับท่อของ (Transverse Permanent Ground Deformation) จะสมมุติค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

1. ระยะทางที่มีผลของ Longitudinal PGD ตามแนวยาวของท่อ (L)
= 100 m.
2. ระยะของที่มีผลของ Transverse PGD ตามแนวตั้งฉากกับท่อ (W)
= 20 m.
3. ค่าการทรุดตัวออกแบบตาม Longitudinal PGD ของท่อ (δ^l)
= 2 m.
4. ค่าการทรุดตัวออกแบบตาม Transverse PGD ของท่อ (δ^t)
= 2 m.
5. ค่าแรงยึดเหนี่ยว Coefficient of cohesion of backfill soil
ท่อแบบดินลวด (C) = 30 kPa
6. ค่า Effective unit weight of soil (γ) = 16 kN/m^3
7. ค่า Saturated unit weight of soil (γ_{sat}) = 18 kN/m^3
8. ค่า Dry unit weight of soil (γ_d) = 16 kN/m^3
9. ค่า Unit weight of steel pipe (γ_{pipe}) = 78.56 kN/m^3
10. ค่า Unit weight of the content ($\gamma_{content}$) = 10 kN/m^3
11. ค่ามุมภายใน Internal friction angle of soil (ϕ) = 30°
12. ค่าแรงเสียดทานภายในของท่อเหล็ก Friction factor for various types of pipe (f)
(บทที่ 2 ในหัวข้อที่ 2.4.1) = 0.7
13. ค่าตัวประกอบสำคัญสำหรับท่อ Class I = 1.5

3.4.3 พารามิเตอร์ในการคำนวณความเครียดที่เกิดขึ้นจากแรงลอยตัว (Buoyancy due to Liquefaction)

การคำนวณหาความเครียดจากแรงลอยตัวของน้ำใต้ดินเมื่อชั้นดินทรายอ่อนใต้โครงสร้างท่อเหล็กใต้ดินกรณีการเกิด Liquefaction จะสมมุติค่าพารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

1. ความยาวช่วงการวางท่อเหล็กใต้ดินระหว่างบ่อตันถึงบ่อรับที่มีผลจากแรงลอยตัว (L_b)
= 100 m.
2. ระดับน้ำใต้ดิน (H_w)
= 3 m.

3.4.4 พารามิเตอร์ในการคำนวณความเครียดที่เกิดขึ้นจากการแพร่ของแรงแผ่นดินไหว (Seismic Wave Propagation)

การคำนวณหาความเครียดจากการแพร่ของแรงแผ่นดินไหวพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์ของ Ground strain coefficient มีค่าเท่า 1 โดยใช้คลื่น R- waves ในการคำนวณ
2. ค่าความเร็วของการแพร่กระจายของคลื่นใช้ค่า C_r เท่ากับ 0.5 km/s โดยใช้ค่า R- waves ในการคำนวณ
3. ค่าตัวประกอบสำคัญสำหรับท่อ Class I = 1.5