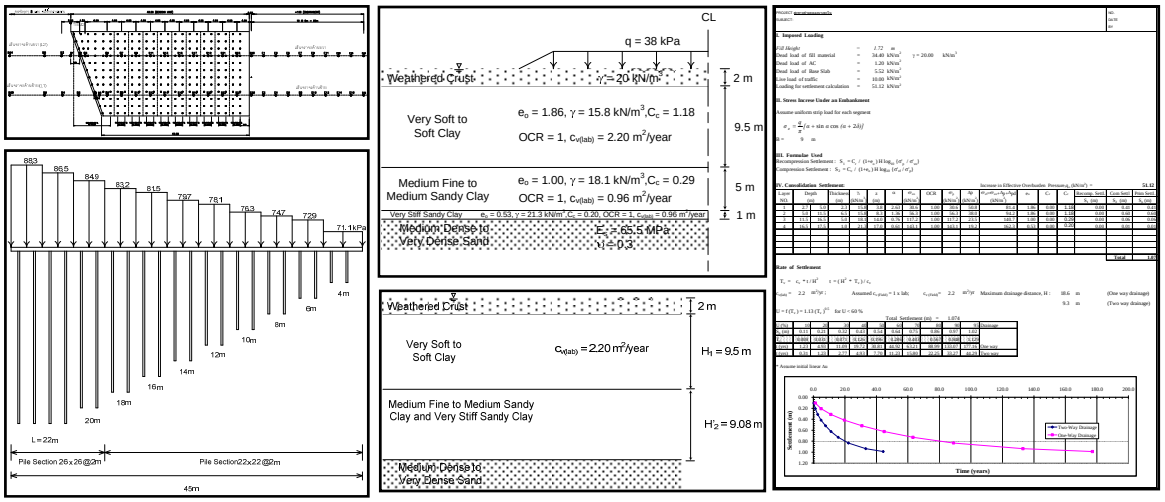
บทที่ 5 โปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0

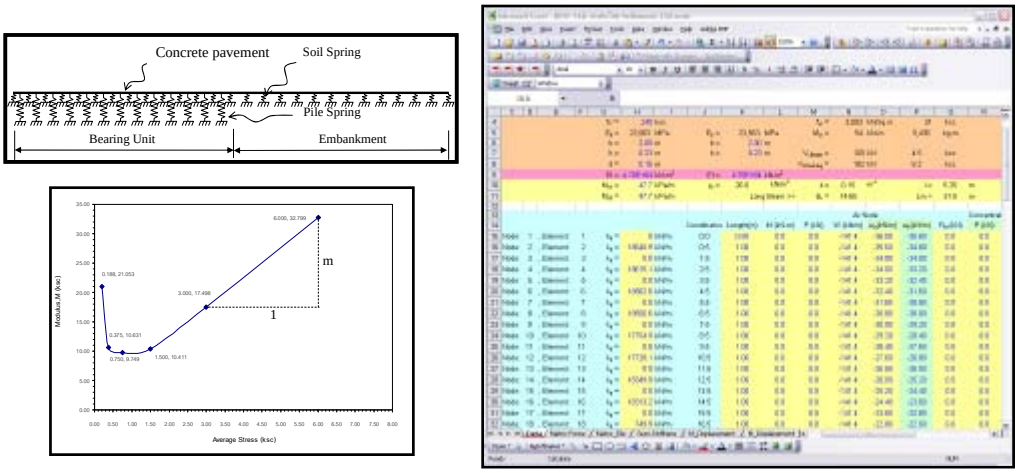
5.1 บทนำ

ในการออกแบบโครงสร้างปรับการทรุดตัวบริเวณเชิงลาดสะพาน วิศวกรมักประสบปัญหาการวิเคราะห์ปริมาณการทรุดตัวและเลือกขนาดของฐานรากที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นกระบวนการ Trial and Error ทั้งในส่วน ความยาวของ Approach Slab ชนิดของฐานราก และขนาดของฐานราก ดังนั้นนักวิจัยจึงได้การพัฒนาโปรแกรมการออกแบบโครงสร้างปรับการทรุดตัวบริเวณเชิงลาด เช่น ทินกร (2528), สมเจตน์ (2536) ซึ่งในอดีตนั้น ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ได้แก่ Advanced Basic, Pascal version 5.0 ซึ่งประมวลผลบน DOS

ในปัจจุบันโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ถูกพัฒนาในระดับสูงขึ้น ประกอบกับการนิยมใช้โปรแกรม Microsoft Window ในการควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์แทนโปรแกรม DOS ดังนั้น กฤษณ์ (2552) และ บารเมศ และ คณะ (2553) ได้เริ่มพัฒนาโปรแกรมการออกแบบ Approach Slab on Pile และ Approach Slab on Ground บนพื้นฐาน Excel Spread Sheet Program และสามารถลดระยะเวลาการคำนวณและช่วยในการออกแบบขนาดและความยาวเสาเข็มได้เป็นอย่างดีดังแสดงใน**ภาพที่ 5.1** และ **5.2** โปรแกรมดังกล่าวได้ถูกพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้สะดวกในการป้อนค่าและแสดงผล โดยใช้โปรแกรม Visual C# และปรับปรุงเป็นโปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0 รายละเอียดการใช้โปรแกรม Visual C# แสดงใน**ภาคผนวก ง**



ภาพที่ 5.1 ตัวอย่างโปรแกรมการวิเคราะห์พฤติกรรมการทรุดตัวของดินฐานรากโดย Terzaghi Consolidation Theory (1946) (กฤษณ์ เสาเวียง, 2552 และ บารเมศ วรรธนะภูติ และ คณะ, 2553)

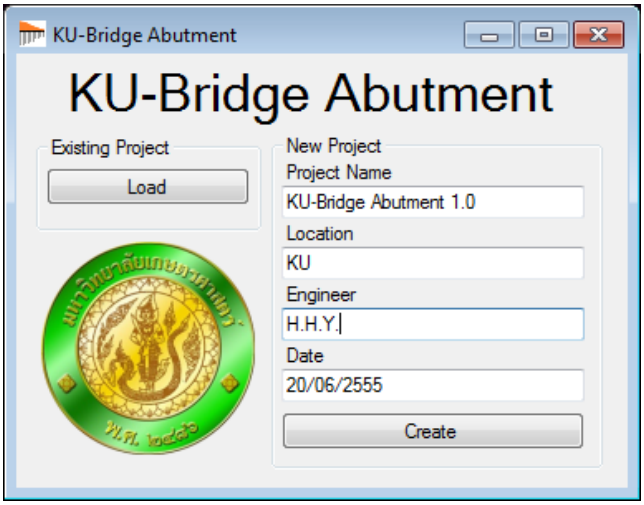


ภาพที่ 5.2 ตัวอย่างโปรแกรมการวิเคราะห์พฤติกรรมพฤติกรรมของ Reinforced Concrete Slab โดย Winkler Foundation (กฤษณ์ เสาเวียง, 2552 และ บารเมศ วรรธนะภูติ และ คณะ, 2553)

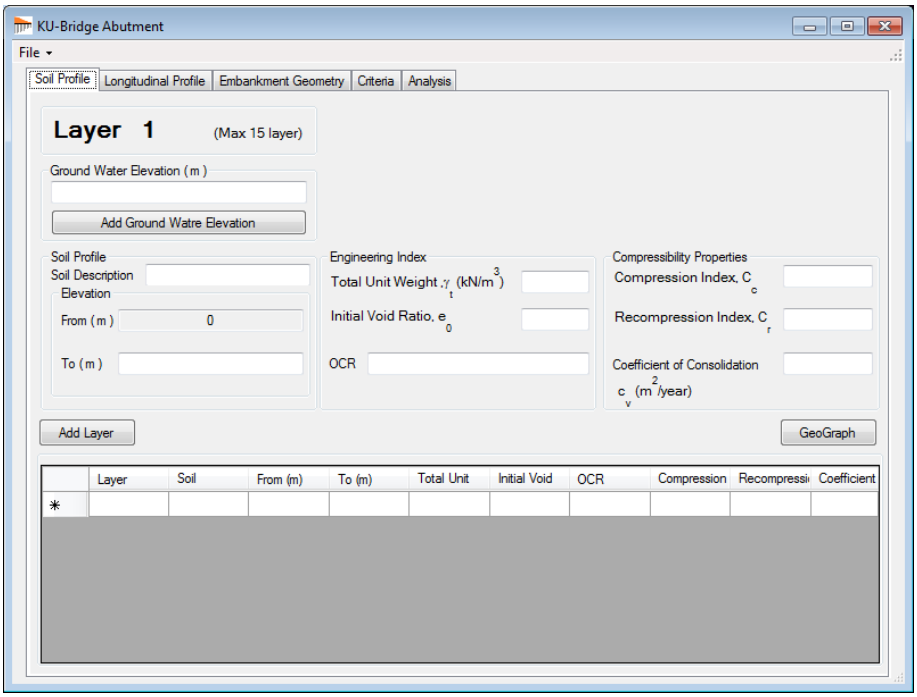
5.2 การทำงานของโปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0

การทำงานของโปรแกรมการออกแบบโครงสร้างปรับการทรุดตัวบริเวณเชิงลาดสะพาน โดยที่หลังจากติดตั้งโปรแกรมจากไฟล์ Setup แล้ว เปิดหน้าต่างโปรแกรมซึ่งมีลักษณะ ที่หน้าจอ Desktop จะมีหน้าต่างขึ้นขึ้นมาดัง**ภาพที่ 5.3** โดยปุ่ม Load ด้านซ้ายสามารถเลือกโครงการเก่าที่เคยวิเคราะห์ไว้นำมาแก้ไขใหม่ได้ หรือจะเลือกปุ่ม Create ด้านขวาเพื่อสร้างโครงการใหม่ โดยสามารถป้อนข้อมูลพื้นฐานของโครงการหรือไม่ป้อนโปรแกรมก็ยังสามารถดำเนินการต่อไปได้

เครื่องมือภายในโปรแกรมจากการสร้างโครงการใหม่จะมีหน้าต่างที่ใช้วิเคราะห์ Bearing Unit ประกอบด้วย 5 หน้าต่างย่อย คือ 1) Soil Profile, 2) Longitudinal Profile, 3) Embankment Geometry, 4) Criteria และ 5) Analysis ดัง**ภาพที่ 5.4**



ภาพที่ 5.3 หน้าต่างโปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0



ภาพที่ 5.4 หน้าต่างย่อยภายในโปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0

5.2.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม KU-Bridge Abutment

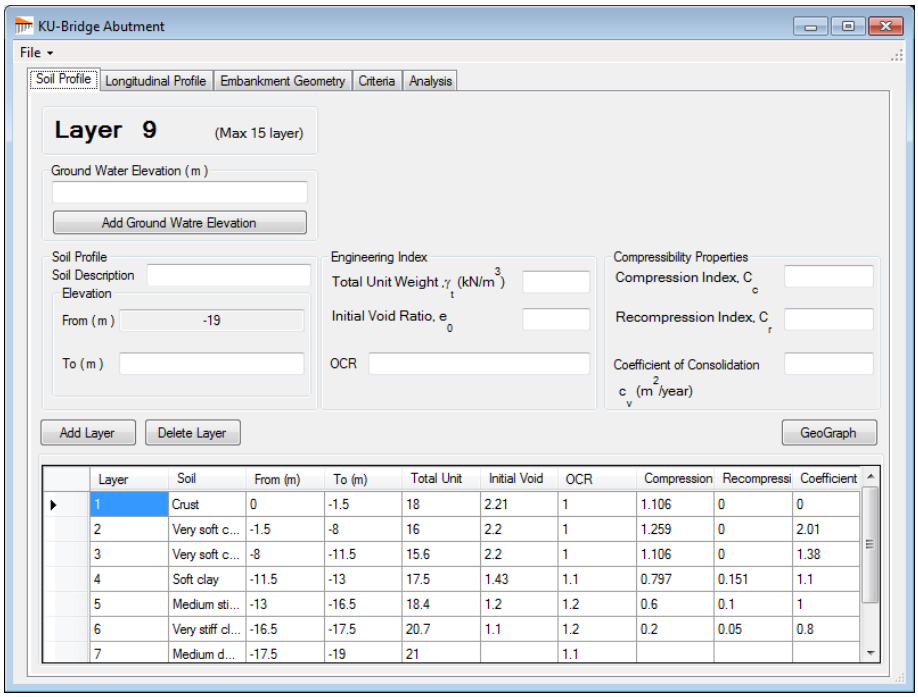
1) หน้าต่าง Soil Profile (คุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดิน)

ในส่วนของคุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดิน เป็นการป้อนข้อมูลระดับ (Elevation) ชั้นดิน โดยให้ผิวดินอยู่ที่ระดับ 0.00 เมตร และระดับที่ต่ำกว่าผิวดินมีค่าติดลบ (-x.xx เมตร) ซึ่งหน้าต่างนี้ประกอบด้วย 4 ปุ่มดัง**ภาพที่ 5.5** คือ (1) Add Ground Water Elevation, (2) Add Layer, (3) Delete Layer และ (4) GeoGraph

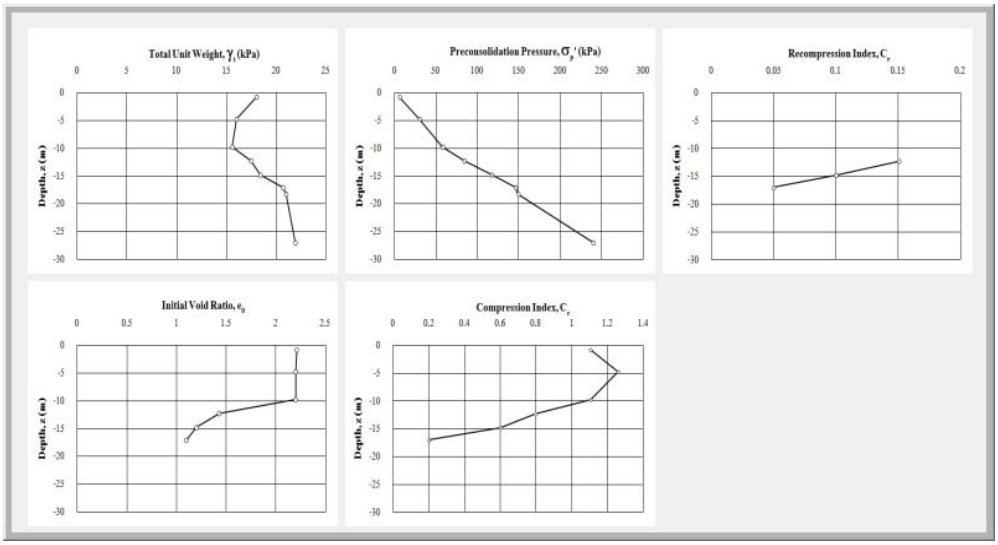
ปุ่ม 1 Add Ground Water (บนซ้าย) ใส่ค่าระดับน้ำใต้ดิน

ปุ่ม 2 Add Layer (ล่างซ้าย) ป้อนค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดินในแต่ละ Layer แล้ว Add Layer แต่ถ้าป้อนค่าข้อมูลผิดสามารถลบข้อมูลชั้นนั้นๆ ออก โดยเลือกปุ่ม 3 Delete Layer จึงป้อนค่าข้อมูลใหม่ โดยโปรแกรมมีความสามารถป้อนคุณสมบัติของชั้นดินได้ลึกไม่เกิน 50 เมตร

ปุ่ม 4 GeoGraph (ล่างขวา) หลังจากป้อนข้อมูลคุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดิน ในปุ่มนี้สามารถเลือกดูข้อมูลที่ป้อนลงไปดัง**ภาพที่ 5.6**



ภาพที่ 5.5 คุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดิน



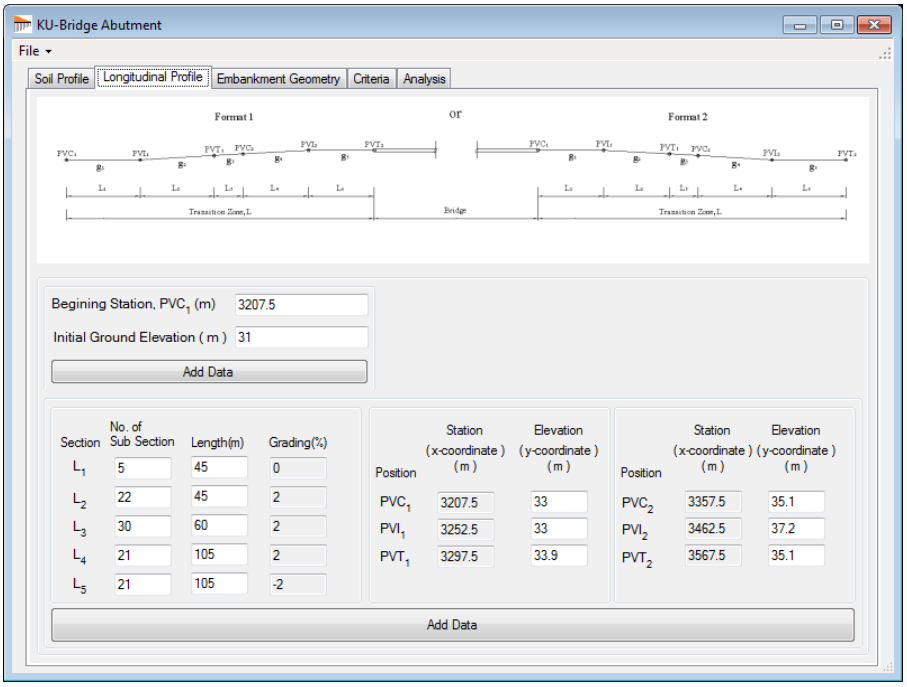
ภาพที่ 5.6 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางวิศวกรรมเทียบกับความลึกของชั้นดิน

2) หน้าต่าง Longitudinal Profile (ค่าระดับของคันทาง)

สำหรับหน้าต่างค่าระดับของคันทางใช้ป้อนข้อมูลความลาดชันของคันทางที่ระดับก่อสร้างเสร็จดัง**ภาพที่ 5.7** โดยสามารถดูภาพขยาย (Key Figure) ได้โดยการคลิกไปบนรูปภาพ ซึ่งในหน้าต่างนี้จะประกอบไปด้วยปุ่ม Add Data 2 ปุ่ม ดังนี้

ปุ่ม 1 (บน) ป้อนค่าข้อมูลของ Station เริ่มต้นในงานโครงการนั้นๆ (PVC_1 ตาม Key Figure) และระดับฐานรากของดินคันทาง (ระดับดินเดิม, Ground Elevation)

ปุ่ม 2 (ล่าง) ป้อนค่าข้อมูลความยาวและระดับของแต่ละช่วงความยาวตามตำแหน่งดังแสดงใน **ภาพที่ 5.7** โดยที่ No. of Sub Section คือความละเอียดในการวิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละช่วงความยาว ซึ่งจะมีค่ารวมกันไม่เกิน 99 Sections

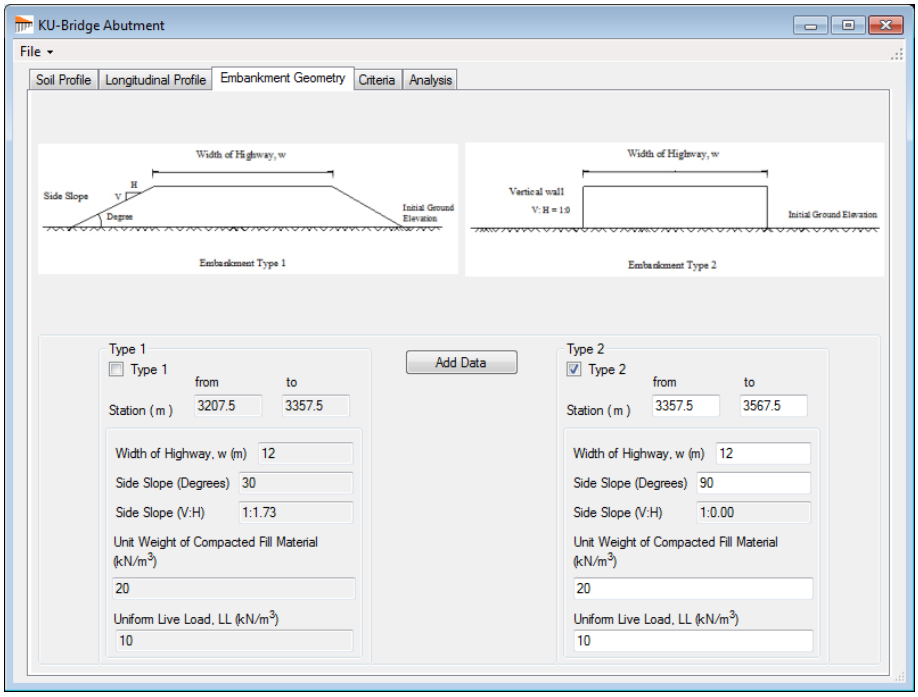


ภาพที่ 5.7 หน้าต่างป้อนค่าระดับคันทาง

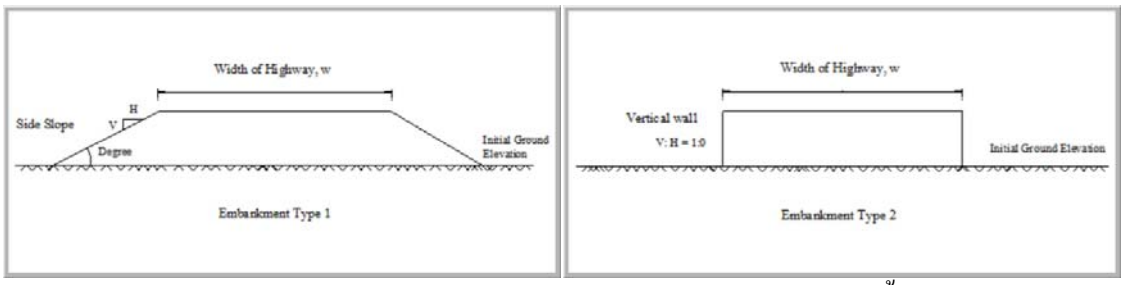
3) หน้าต่าง Embankment Geometry (ลักษณะกายภาพของคันทาง)

หน้าต่างนี้เป็นการเลือกลักษณะหน้าตัด (Cross Section) ของคันทางโดยป้อนข้อมูลเลือกปุ่ม Add Data หรือเมื่อต้องการปรับค่าให้เลือกปุ่ม Edit Data แล้วป้อนค่าใหม่ดัง**ภาพที่ 5.8** สำหรับโปรแกรมนี้มีตัวเลือกในการวิเคราะห์ออกแบบเป็น 2 ลักษณะคือ (1) ลักษณะคันทางแบบลาดเอียงดัง **ภาพที่ 5.9(ก)** และ (2) ลักษณะคันทางแบบตั้งตรง (เช่น กรณีก่อสร้างโดยใช้ MSE-wall หรือกำแพงกันดินบริเวณคอสะพาน) ดัง**ภาพที่ 5.9 (ข)**

การเลือกรูปแบบของคันทางสามารถเลือกแบบใดแบบหนึ่ง หรือทั้ง 2 แบบได้โดยขึ้นอยู่กับลักษณะคันทางที่ต้องการออกแบบดัง**ภาพที่ 5.8** โดยเลือกเครื่องหมาย ☑ ที่ช่องสี่เหลี่ยม (Type 1 และหรือ Type 2) ซึ่ง**ภาพที่ 5.9(ข)** ลักษณะหน้าตัดคันทางแบบตั้งตรง สามารถปรับเปลี่ยนเป็นคันทางแบบลาดเอียงได้โดยป้อนค่าความลาดเอียง (Side Slope) ที่น้อยกว่า 90 องศา ถ้าช่วงของคันทางที่ต้องการวิเคราะห์ออกแบบมีความลาดชันที่มากกว่า 1 รูปแบบ แต่ต้องไม่เกิน 2 รูปแบบ



ภาพที่ 5.8 หน้าต่างป้อนลักษณะทางกายภาพของคันทางและแรงกระทำภายนอก



(ก) แบบลาดเอียง (ข) แบบตั้งตรง

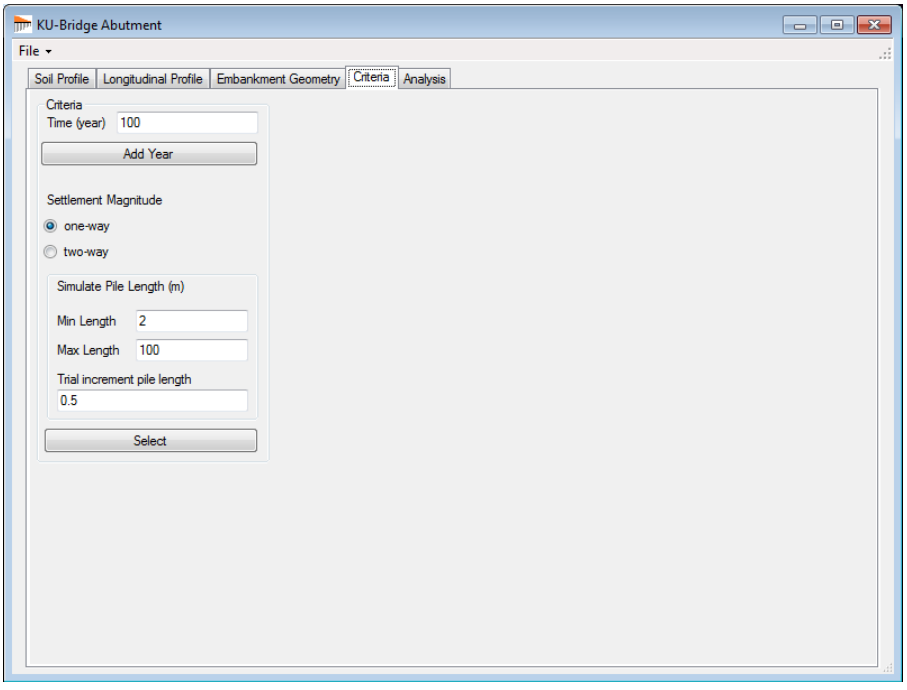
ภาพที่ 5.9 ลักษณะหน้าตัดของคันทาง

4) หน้าต่าง Criteria (เกณฑ์การวิเคราะห์ออกแบบ)

ในการวิเคราะห์ออกแบบสำหรับโปรแกรมนี้ใช้หลักการ One-dimensional Consolidation Theory และStress Distribution of Strip Loading จาก Boussinesq's Theory (1885) ฉะนั้นเกณฑ์การวิเคราะห์ออกแบบ Bearing Unit จึงได้กำหนดให้มีอัตราการทรุดตัว ลักษณะของการการยุบอัดคายน้ำและความยาวที่เปลี่ยนไปของ Bearing Unit สำหรับให้โปรแกรมทำงานดัง**ภาพที่ 5.10** โดยที่มีปุ่มตัวเลือกการทำงาน 2 ปุ่มดังนี้

ปุ่ม 1 Add Year (บน) สำหรับเลือกเวลา (year) ที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัวของคันทาง จากนั้นจะแสดงปริมาณการทรุดตัว ณ เวลานั้นๆ ขึ้นมาทั้ง 2 ลักษณะการยุบอัดคายน้ำ คือ การคายน้ำทางเดียว และการคายน้ำ 2 ทาง ให้เลือกตามที่ต้องการวิเคราะห์ออกแบบโดยเลือก ที่หน้าปริมาณการทรุดตัว

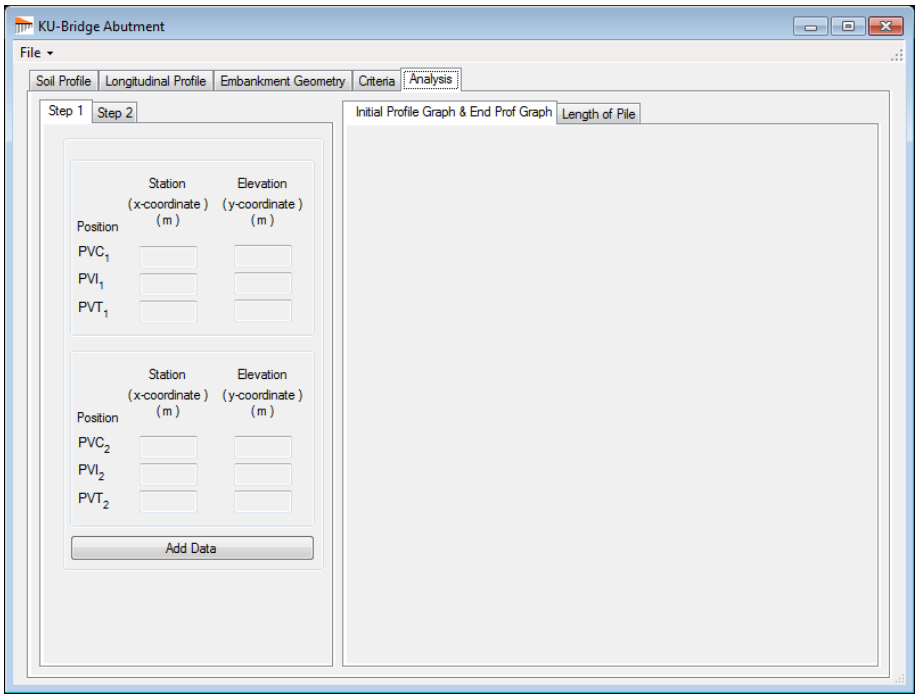
ปุ่ม 2 Select (ล่าง) สำหรับเลือกความยาว Bearing Unit ที่มีความยาวตั้งต้นตั้งแต่ช่วง 2 – 100 เมตร และป้อนค่าการเปลี่ยนแปลงขนาดของความยาว Bearing Unit (โดยเงื่อนไขโปรแกรมนี้ใช้ 0.5 เมตร ขึ้นไปจะวิเคราะห์ได้ค่าที่สมบูรณ์กว่า)



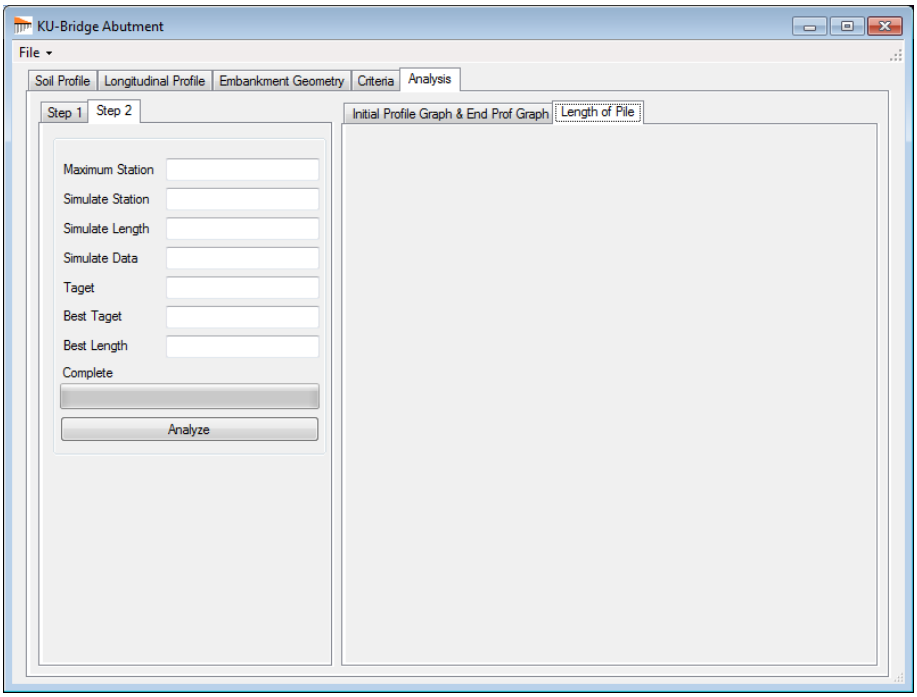
ภาพที่ 5.10 หน้าต่างป้อนค่าและเลือกความยาวของ Bearing Unit และขนาดความยาวที่เปลี่ยนขณะโปรแกรมกำลังทำงาน

5) หน้าต่าง Analysis (วิเคราะห์ความยาว Bearing Unit)

ส่วนการวิเคราะห์ความยาวของ Bearing Unit แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ Step 1 Initial Profile Graph & End Prof. Graph ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับค่าระดับที่ต้องการให้การทรุดตัวตามที่ออกแบบหลังการใช้งานตามเวลาที่เลือกไว้ดัง**ภาพที่ 5.11** และ Step 2 Length of Pile โปรแกรมจะวิเคราะห์ Trial ความยาว Bearing Unit ดัง**ภาพที่ 5.12**



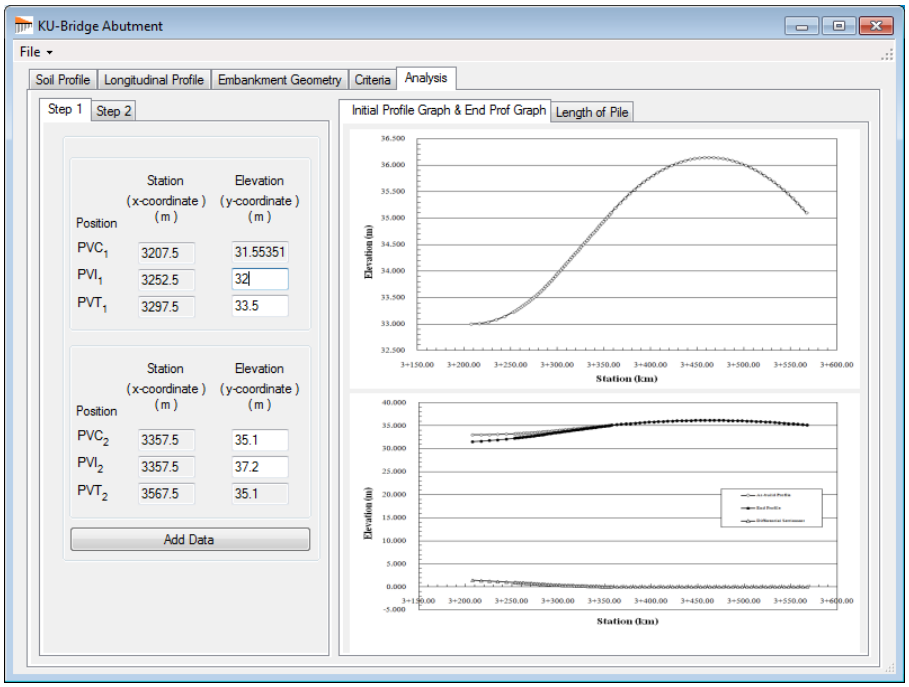
ภาพที่ 5.11 หน้าต่างออกแบบระดับการทรุดตัวของคันทาง



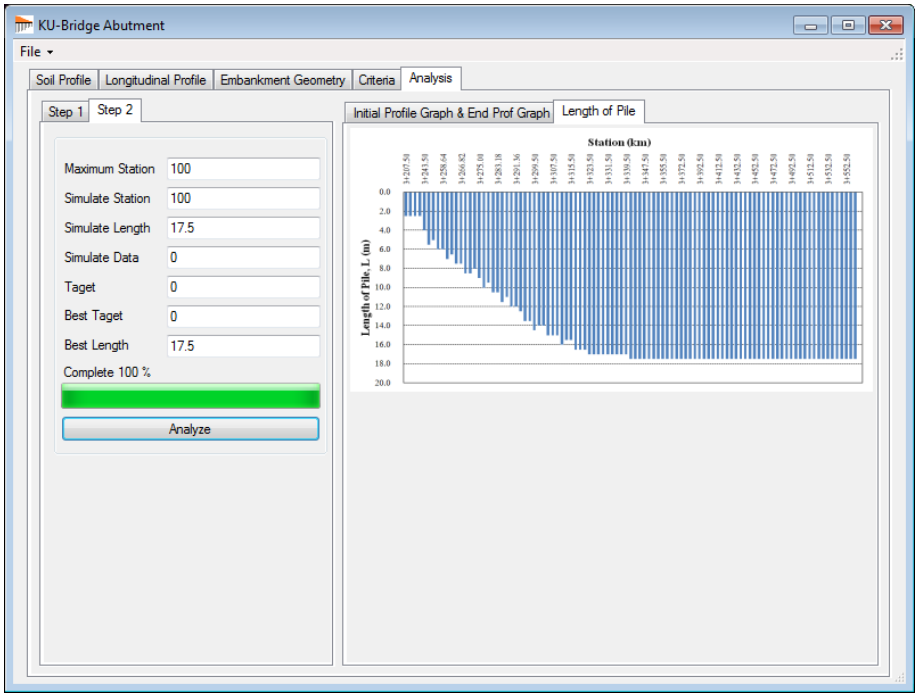
ภาพที่ 5.12 หน้าต่างวิเคราะห์ความยาวของ Bearing Unit

จากหน้าต่างทั้ง 2 ส่วนของ Analysis ผู้ใช้สามารถป้อนค่าข้อมูลระดับคันทางเพื่อให้ได้การทรุดตามที่ออกแบบ และกดเลือกปุ่ม Add Data ดัง**ภาพที่ 5.13** ซึ่งถ้ายังไม่ได้ระดับคันทางที่ต้องการ สามารถแก้ไขข้อมูลใหม่ได้จนกว่าได้ระดับที่ต้องการเพื่อใช้ Trial and Error ความยาว Bearing Unit

ส่วนความยาวของ Bearing Unit โปรแกรมทำการTrial and Error ความยาวตามเกณฑ์ที่ป้อนข้อมูลไว้ ซึ่งหลักการทำงานของโปรแกรมจะเทียบค่าการทรุดตัวของ Bearing Unit ที่ใกล้เคียงที่สุดของความยาวนั้นๆ กับผลต่างระดับเนื่องจากการทรุดตัวที่ผู้ใช้ออกแบบไว้ใน**ภาพที่ 5.13** และได้ผลการออกแบบดัง**ภาพที่ 5.14** ดังนี้



ภาพที่ 5.13 ผลของระดับการทรุดตัวที่ผู้ใช้เลือก



ภาพที่ 5.14 ผลการวิเคราะห์ความยาว Bearing Unit

5.2.2 ขีดจำกัดและเงื่อนไขของโปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0

1) ปริมาณการทรุดตัว : โปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0 จะวิเคราะห์ปริมาณการทรุดตัวของชั้นดินที่ได้ใส่คุณสมบัติการยุบตัวการยุบตัวครบถ้วน [เช่น ค่า Void Ratio, Compression Index (C_c)] ถ้าดินชั้นใดมีค่าพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณไม่ครบถ้วน โปรแกรมจะไม่คำนวณค่าการทรุดตัวของชั้นดินนั้นๆ นอกจากนี้ความยาวสูงสุดของเสาเข็มที่คำนวณได้จะ Trial ถึงชั้นดินที่มีค่า C_c เท่านั้น
2) อัตราการทรุดตัว : อัตราการทรุดตัวของบริเวณคอสะพาน ขึ้นกับ Boundary Condition และค่า c_v ของชั้นดิน โดยโปรแกรมจะกำหนดชั้น Boundary ของการระบายน้ำ (Free Drainage Boundary ของ Impervious Layer) จากชั้นดินที่ไม่มีการใส่ค่า c_v และในกรณีที่ดินฐานรากมีหลายชั้น และค่า c_v ต่างกัน การวิเคราะห์อัตราการทรุดตัว จะใช้การเฉลี่ยค่า c_v ของดินทุกๆ ชั้น โดย Weighting Method
3) ตำแหน่งฐานรากสมมูลย์ของเสาเข็ม : เมื่อใดที่ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินที่มีค่า c_v โปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0 จะสมมุติให้เสาเข็มมีลักษณะ Friction Pile และตำแหน่งฐานรากสมมูลย์จะถูกกำหนดให้อยู่ที่ระดับ L/3 จากปลายเสาเข็ม โดย L = ความยาวเสาเข็ม แต่ถ้าปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินที่ไม่ได้ถูกป้อนค่า c_v โปรแกรมจะสมมุติให้เสาเข็มมีพฤติกรรมแบบ End-Bearing Pile และ ตำแหน่งฐานรากสมมูลย์จะอยู่ที่ระยะ $L'/3$ จากปลายเสาเข็ม โดย L' = ระยะจมของเสาเข็มในชั้นดินสุดท้าย