สารบัญ

หน้า

สารบัญ i

สารบัญตาราง iii

สารบัญภาพ iv

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ปัญหาความไม่ต่อเนื่องของผิวทางบริเวณเชิงลาดสะพาน 1-1

1.2 สาเหตุความไม่ราบเรียบบริเวณเชิงลาดสะพาน 1-4

บทที่ 2 แนวทางแก้ปัญหาความไม่ราบเรียบบริเวณเชิงลาดสะพาน

2.1 บทนำ 2-1

2.2 โครงสร้างปรับการทรุดตัวบริเวณเชิงลาดสะพาน 2-9

2.3 เอกสารอ้างอิง 2-14

บทที่ 3 หลักการออกแบบโค้งแนวดิ่งบริเวณเชิงลาดสะพาน

3.1 บทนำ 3-1

3.2 การวิเคราะห์ระยะหยุดปลอดภัยบนทาง ขึ้น-ลง เนิน (Stopping Sight Distance) 3-1

3.3 ความสะดวกสบายในการขับขี่ขณะ ขึ้น-ลง สะพาน 3-5

3.4 เอกสารอ้างอิง 3-18

บทที่ 4 การวิเคราะห์การทรุดตัวบริเวณเชิงลาดสะพาน

4.1 บทนำ 4-1

4.2 การวิเคราะห์การทรุดตัวโดยใช้ Consolidation Theory และหลักการฐานรากสมมูลย์ 4-1

4.3 เอกสารอ้างอิง 4-11

บทที่ 5 โปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0

5.1 บทนำ 5-1

5.2 การทำงานของโปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0 5-3

บทที่ 6 ตัวอย่างการคำนวณโดยโปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0

6.1 บทนำ 6-1

6.2 โครงการสะพานข้ามคลองบางตะไนย บนทางหลวงพิเศษหมายเลข 345 6-1

6.3 สรุป 6-11

ภาคผนวก ก แนวทางแก้ปัญหาความไม่ราบเรียบบริเวณเชิงลาดสะพาน
โดยใช้วัสดุมวลเบาแทนดินถม ก-1

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์การทรุดตัวบริเวณเชิงลาดสะพาน
โดยใช้หลักการ Beam on Elastic Material ข-1

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์การทรุดตัวบริเวณเชิงลาดสะพาน
โดยใช้หลักการ Finite Element Method ค-1

ภาคผนวก ง การเขียนโปรแกรมและ Source Code ของโปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0 ง-1

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	ปัจจัยสำคัญ 3 ประการที่ทำให้เกิดการทรุดตัวที่แตกต่างกันบริเวณเชิงลาดสะพาน	1-6
ตารางที่ 3.1	ระยะหยุดปลอดภัยกรณีลาดชันทางขึ้นและลงเท่ากัน	3-2
ตารางที่ 3.2	ระยะหยุดปลอดภัยกรณีลาดชันทางขึ้นและลงไม่เท่ากัน	3-2
ตารางที่ 3.3	Approach Slab Rating System พัฒนาโดย LTRC	3-6
ตารางที่ 3.4	ค่าการทรุดตัวที่ส่งผลกระทบต่อผู้ขับขี่ ขณะขึ้น – ลง สะพาน	3-11
ตารางที่ 3.5	ค่าความลาดชันที่ส่งผลกระทบต่อผู้ขับขี่ ขณะขึ้น-ลง สะพาน	3-12
ตารางที่ 3.6	ค่าการทรุดตัวที่แตกต่างกันที่ส่งผลกระทบต่อผู้ขับขี่ ขณะขึ้น-ลง สะพาน	3-12
ตารางที่ 3.7	ความสัมพันธ์ระหว่าง LRI ความเร็ว และความรู้สึกผู้ขับขี่	3-14
ตารางที่ 3.8	ความสัมพันธ์ระหว่าง LRI_{PS} และความรู้สึกผู้ขับขี่	3-15
ตารางที่ 3.9	การระบุความไม่ราบเรียบของผิวทางโดยค่า Jolt และ IRI	3-17
ตารางที่ 6.1	สรุปลักษณะชั้นดินบริเวณคอสะพานข้ามคลองบางตะไนย	6-2
ตารางที่ 6.2	ผลการทดสอบ Field Permeability Test และ Triaxial Test ของตัวอย่างดินเจาะสำรวจที่โครงการสะพานข้ามคลองบางตะไนย	6-3
ตารางที่ 6.3	คุณสมบัติของดินสำหรับวิเคราะห์คำนวณด้วยโปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0	6-7

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1.1	การทรุดตัวของคอสะพานบนพื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ, ทางหลวงหมายเลข 34 (บางนา – บางปะกง)	1-2
ภาพที่ 1.2	การทรุดตัวของคอสะพานลอยกลับรถทำให้โครงสร้างสะพานชำรุด, ทางหลวงหมายเลข 35 (ธนบุรี – ปากท่อ)	1-2
ภาพที่ 1.3	การทรุดตัวเกินพิกัดของบริเวณคอสะพานถนนบางขุนเทียน - ชายทะเล และต้องมีการปรับระดับทางโดยการถมดินและAsphalt บนผิวทางเดิม	1-3
ภาพที่ 1.4	ตัวอย่างแบบโครงสร้างบริเวณคอสะพานชนิด Approach Slab on Ground	1-3
ภาพที่ 1.5	ตัวอย่างแบบโครงสร้างบริเวณคอสะพานชนิด Approach Slab on Pile	1-4
ภาพที่ 1.6	ปัญหาที่มักพบบริเวณเชิงลาดสะพาน	1-7
ภาพที่ 1.7	กลไกที่ส่งผลต่อความไม่ราบเรียบบริเวณเชิงลาดสะพาน	1-7
ภาพที่ 2.1	การใช้เทคนิค Preloading ร่วมกับการใช้วัสดุมวลเบาบริเวณเชิงลาดสะพาน	2-3
ภาพที่ 2.2	การก่อสร้าง Cement Column บริเวณเชิงลาดสะพาน	2-3
ภาพที่ 2.3	การขุดดินฐานรากอ่อนออกและถมกลับด้วยดินที่มีคุณสมบัติการยุบตัวต่ำ	2-4
ภาพที่ 2.4	การใช้เสาเข็มผ่อนความยาวเป็นฐานรากบริเวณเชิงลาดสะพาน	2-4
ภาพที่ 2.5	การออกแบบโดยให้ Profile Grade ของถนนสูงกว่าสะพาน	2-5
ภาพที่ 2.6	การใช้ Geotextile เพื่อเสริมความแข็งแรงของวัสดุถมบริเวณเชิงลาดสะพาน	2-5
ภาพที่ 2.7	การออกแบบ Grout Hole บนแผ่นพื้นปรับการทรุดตัว	2-6
ภาพที่ 2.8	เทคนิคยก Approach Slab โดยวิธีทางกล	2-7
ภาพที่ 2.9	การติดตั้ง Jack เพื่อใช้ยก Approach Slab โดยวิธีทางกล	2-7
ภาพที่ 2.10	การเสริมผิวทางโดย Asphalt Concrete	2-8
ภาพที่ 2.11	ภาพตัดตามแนวยาว โครงสร้าง Approach Slab on Ground	2-9
ภาพที่ 2.12	ภาพตัดตามแนวยาว โครงสร้าง Approach Slab on Pile	2-9
ภาพที่ 2.13	ความกว้างของ Approach Slab ควรออกแบบถึงขอบทาง เพื่อป้องกันน้ำซึมผ่านรอยต่อ	2-10
ภาพที่ 2.14	ตัวอย่างแบบก่อสร้าง Approach Slab ในประเทศสหรัฐอเมริกา	2-11
ภาพที่ 2.15	Approach Slab รองรับโดย Sleeper Slab	2-11
ภาพที่ 2.16	รอยต่อระหว่าง Approach Slab และ Bridge Abutment แบบ Non-Integral Abutment และ Integral Abutment	2-12

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 2.17	รูปแบบ Bearing Unit บริเวณคอสะพานที่ก่อสร้างบนชั้นดินอ่อน	2-13
ภาพที่ 3.1	การทรุดตัวบริเวณ Transition Zone ซึ่งต้องคำนึงถึงในการออกแบบ	3-3
ภาพที่ 3.2	ระยะหยุดโดยปลอดภัยบนทางขึ้นเนิน เมื่อ h1 = 1.15 m, h2 = 0.20 m	3-4
ภาพที่ 3.3	แบบจำลอง “The Quarter-Car-Model”	3-7
ภาพที่ 3.4	การเปรียบเทียบค่า IRI และความสะดวกสบายของผู้ขับขี่	3-7
ภาพที่ 3.5	ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่า IRI ของสะพาน, เชิงลาดสะพาน, และถนน	3-8
ภาพที่ 3.6	หลักการกรองค่าความถี่เพื่อวิเคราะห์ค่า IRI	3-8
ภาพที่ 3.7	ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงข้อมูลจาก Time Domain ไปเป็น Frequency Domain	3-9
ภาพที่ 3.8	ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ Frequency Domain จากผลตรวจวัด	3-9
ภาพที่ 3.9	ตัวอย่างการวิเคราะห์ Bridge Approach Index, BI	3-10
ภาพที่ 3.10	เกณฑ์การให้คะแนนความรู้สึกในการขับขี่ขณะขึ้น - ลงสะพาน โดยใช้ค่า IRI และ BI	3-10
ภาพที่ 3.11	High Speed Inertial Profilometer	3-13
ภาพที่ 3.12	ตัวอย่างค่า LRI ขณะ ขึ้น-ลง สะพาน ด้วยความเร็ว 60 miles/hr	3-15
ภาพที่ 3.13	ความสัมพันธ์ระหว่าง LRI และความเร็ว	3-16
ภาพที่ 4.1	ความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of Consolidation และ Time Factor	4-6
ภาพที่ 4.2	Isochrones แสดงกระบวนการ Consolidation ของชั้นดินเหนียวในกรณี Excess porewater Pressure และ Drainage Boundary Condition ต่างๆ	4-7
ภาพที่ 4.3	ชั้นดินอ่อนมากกว่า 1 ชั้นประกบด้วยชั้นดินที่สามารถระบายน้ำได้ดี (Free Drainage Boundary Layer)	4-8
ภาพที่ 4.4	ความสัมพันธ์ U-T สำหรับชั้นดินอ่อนประกบด้วยชั้นดินที่สามารถระบายน้ำได้บางส่วน (Partially Drainage Boundary Layer)	4-8
ภาพที่ 4.5	การกระจายหน่วยแรงแบบ Strip Loading	4-9
ภาพที่ 4.6	การกระจายหน่วยแรงกรณีปลายเสาเข็มอยู่บนชั้นดินอ่อน	4-9
ภาพที่ 4.7	การกระจายหน่วยแรงกรณีปลายเสาเข็มอยู่บนชั้นดินแข็ง	4-10
ภาพที่ 5.1	ตัวอย่างโปรแกรมการวิเคราะห์พฤติกรรมการทรุดตัวของดินฐานราก โดย Terzaghi Consolidation Theory (1946)	5-2

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 5.2	ตัวอย่างโปรแกรมการวิเคราะห์พฤติกรรมพฤติกรรมของ Reinforced Concrete Slab โดย Winkler Foundation	5-2
ภาพที่ 5.3	หน้าต่างโปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0	5-3
ภาพที่ 5.4	หน้าต่างย่อยภายในโปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0	5-4
ภาพที่ 5.5	คุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดิน	5-5
ภาพที่ 5.6	ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางวิศวกรรมเทียบกับความลึกของชั้นดิน	5-5
ภาพที่ 5.7	หน้าต่างป้อนค่าระดับคันทาง	5-6
ภาพที่ 5.8	หน้าต่างป้อนลักษณะทางกายภาพของคันทางและแรงกระทำภายนอก	5-7
ภาพที่ 5.9	ลักษณะหน้าตัดของคันทาง	5-7
ภาพที่ 5.10	หน้าต่างป้อนค่าและเลือกความยาวของ Bearing Unit และขนาดความยาวที่เปลี่ยนขณะโปรแกรมกำลังทำงาน	5-8
ภาพที่ 5.11	หน้าต่างออกแบบระดับการทรุดตัวของคันทาง	5-9
ภาพที่ 5.12	หน้าต่างวิเคราะห์ความยาวของ Bearing Unit	5-10
ภาพที่ 5.13	ผลของระดับการทรุดตัวที่ผู้ใช้เลือก	5-11
ภาพที่ 5.14	ผลการวิเคราะห์ความยาว Bearing Unit	5-11
ภาพที่ 6.1	ที่ตั้งโครงการสะพานข้ามคลองบางตะไนยบนทางหลวงหมายเลข 345	6-3
ภาพที่ 6.2	การก่อสร้างโครงสร้างปรับการทรุดตัวชนิด Approach Slab on Pile บริเวณคอสะพานข้ามคลองบางตะไนย	6-3
ภาพที่ 6.3	แปลนโครงสร้างปรับการทรุดตัวคอสะพานข้ามคลองบางตะไนย ฝั่งขาลง	6-4
ภาพที่ 6.4	ภาพตัดตามยาวโครงสร้างปรับการทรุดตัวคอสะพานข้ามคลองบางตะไนย	6-4
ภาพที่ 6.5	สรุปลักษณะชั้นดินบริเวณคอสะพานข้ามคลองบางตะไนย	6-5
ภาพที่ 6.6	ลักษณะทางกายภาพของถนนเปิดใช้งาน	6-7
ภาพที่ 6.7	อัตราการทรุดตัวชั้นดินบริเวณโครงการ	6-8
ภาพที่ 6.8	ความชันของการทรุดตัวที่ 25 ปี และผลต่างของการทรุดตัว	6-8
ภาพที่ 6.9	ความยาวของ Bearing Unit จากการรันโปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0	6-9
ภาพที่ 6.10	สรุปความยาว Bearing Unit ตั้งแต่ กม.3+258.00 ถึง กม.3+308.00 วิเคราะห์โดยโปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0	6-10
ภาพที่ 6.11	ผลเปรียบเทียบความยาว Bearing Unit จากการรันโปรแกรม KU-Bridge Abutment 1.0 และตามแบบก่อสร้าง	6-12