

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ปัญหาความไม่ต่อเนื่องของผิวทางบริเวณเชิงลาดสะพาน

ปัญหาความไม่ต่อเนื่องของผิวทาง (Differential Settlement) บริเวณคอสะพานเป็นปัญหาที่มักพบในการก่อสร้างถนนบนดินอ่อนในประเทศไทย ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจรและความปลอดภัยของผู้ใช้ถนนลดลง รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสูง ตัวอย่างปัญหาการทรุดตัวบริเวณคอสะพานแสดงในภาพที่ 1.1 ถึง ภาพที่ 1.3 สาเหตุที่สำคัญของความไม่ราบเรียบบริเวณคอสะพานเนื่องมาจากการยุบตัวที่แตกต่างของดินฐานราก กล่าวคือ การที่คันทาง ซึ่งวางตัวอยู่บนชั้นดินอ่อน โดยตรงหรือวางบนเสาเข็มสั้นในชั้นดินอ่อน (Friction Pile) เกิดการทรุดตัวสูง เมื่อเทียบกับสะพานซึ่งเกิดการทรุดตัวน้อยมากเพราะมีเสาเข็มเป็นตัวถ่ายน้ำหนักลงสู่ชั้นดินแข็งในระดับลึก (End Bearing Pile)

ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการออกแบบและก่อสร้างทาง เช่น กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท สำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร รวมทั้งนักวิจัยในประเทศไทย (วิชาญ, 2523; ทินกร, 2528; สมเจตน์, 2536; วรวิทย์, 2546; อรรถสิทธิ์ และคณะ, 2550; บารเมศ และคณะ, 2553; สมโพธิ และคณะ, 2553) ได้ศึกษาและวิจัยเพื่อลดปัญหาดังกล่าว โดยมีการพัฒนาแนวทางการวิเคราะห์การทรุดตัวซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน 2 วิธี คือ (1) กำหนดให้ดิน ฐานรากกับโครงสร้างไม่ปฏิสัมพันธ์กัน และวิเคราะห์การทรุดตัวโดยใช้หลักการ Terzaghi Consolidation Theory วิธีนี้เป็นที่นิยมและใช้แพร่หลายสำหรับวิศวกรในประเทศไทย และ (2) กำหนดให้ ดิน ฐานรากกับโครงสร้างมีปฏิสัมพันธ์กัน (Soil-Structure Interaction) โดยใช้แบบจำลองทางกลศาสตร์ เช่น สปริง เป็นต้น ซึ่งวิธีดังกล่าวยังไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากความซับซ้อนของการวิเคราะห์และปัญหาการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบ สำหรับรูปแบบโครงสร้างปรับการทรุดตัวบริเวณคอสะพานที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มี 2 รูปแบบ ได้แก่ Approach Slab on Ground และ Approach Slab on Pile Foundation ดังแสดงในภาพที่ 1.4 และ 1.5 ตามลำดับ

ถึงแม้ว่าหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมทางหลวง ได้กำหนดแบบมาตรฐานในการก่อสร้างโครงสร้างปรับการทรุดตัวตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2537 และถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างทางจนถึงปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม ปัญหาการทรุดตัวต่างระดับบริเวณคอสะพานในระยะยาวยังคงเกิดขึ้น เนื่องจาก การขาดความรู้และเครื่องมือช่วยในการคำนวณ ออกแบบฐานรากรวมทั้งเกณฑ์การเลือกชนิดโครงสร้างปรับการทรุดตัวให้เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ซึ่งมีลักษณะดินที่แตกต่างกัน, การขาดความเข้าใจในพฤติกรรม การปฏิสัมพันธ์ของดินกับโครงสร้างปรับการทรุดตัว, ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์อิทธิพลของแรงพลศาสตร์ (Dynamic Load) จากน้ำหนักรถบรรทุก และ งบประมาณจำกัดในการ

ก่อสร้างและบำรุงทาง เป็นต้น จากสาเหตุดังกล่าว ส่งผลให้โครงสร้างปรับการ ترددตัวบริเวณคอสะพานที่ก่อสร้างจริงในปัจจุบันยังด้อยประสิทธิภาพ



ภาพที่ 1.1 การ ترددตัวของคอสะพานบนพื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ, ทางหลวงหมายเลข 34 (บางนา-บางปะกง)

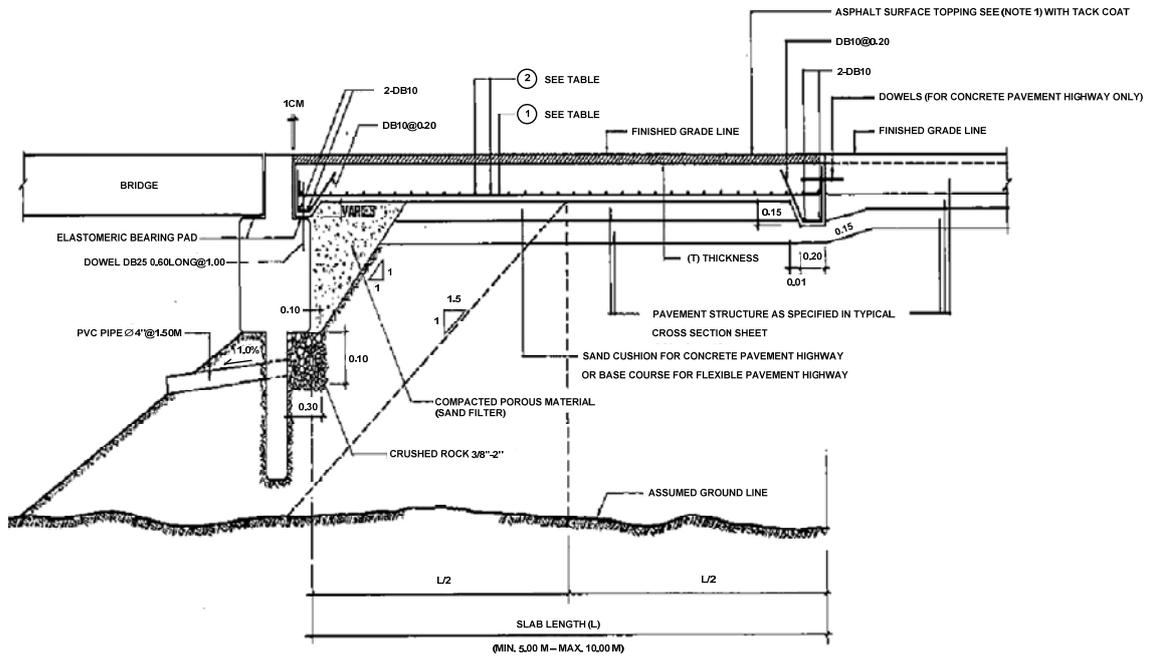


ภาพที่ 1.2 การ ترددตัวของคอสะพานลอยกลับรถทำให้โครงสร้างสะพานชำรุด, ทางหลวงหมายเลข 35 (ธนบุรี-ปากท่อ)

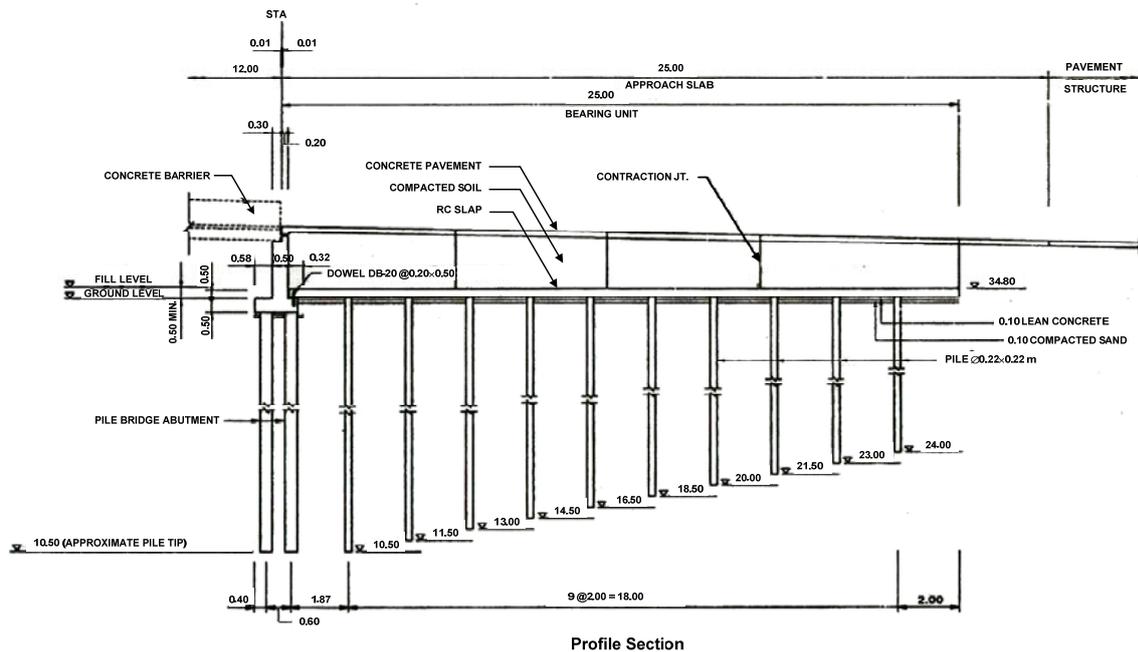
โครงการปรับปรุงการออกแบบและมาตรฐานโครงสร้างปรับการทรุดตัวของบริเวณคอสะพาน (โครงการวิจัยต่อเนื่อง)



ภาพที่ 1.3 การทรุดตัวเกินพิกัดของบริเวณคอสะพานถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล และต้องมีการปรับระดับทางโดยการถมดินและAsphalt บนผิวทางเดิม



ภาพที่ 1.4 ตัวอย่างแบบโครงสร้างบริเวณคอสะพานชนิด Approach Slab on Ground (ชัยพร, 2551)



ภาพที่ 1.5 ตัวอย่างแบบโครงสร้างบริเวณคอสะพานชนิด Approach Slab on Pile (ชัยพร, 2551)

1.2 สาเหตุความไม่ราบเรียบบริเวณเชิงลาดสะพาน

การทรุดตัวที่แตกต่างบริเวณเชิงลาดสะพาน ส่งผลให้ความลาดชันของถนนมีการเปลี่ยนแปลงมาก และเกิดการกระแทกขณะขับรถขึ้น – ลงสะพาน ทำให้เกิดปัญหาต่างๆมากมาย อาทิ เช่น เกิดปัญหาการจราจรเนื่องจากต้องชะลอความเร็ว ยานพาหนะสึกหรอหรืออาจชำรุดได้ สิ้นค้าขนส่งเกิดความเสียหาย ผู้ใช้ทางรู้สึกไม่สะดวกสบายและไม่ปลอดภัย เกิดโพรงใต้แผ่นพื้นคอนกรีตบริเวณเชิงลาดสะพาน และแรงกระแทกซ้ำๆของรถยนต์อาจส่งผลให้โครงสร้างสะพานชำรุด แสดงดังภาพที่ 1.6

ความไม่ราบเรียบบริเวณเชิงลาดสะพานเป็นปัญหาทางวิศวกรรมที่เกิดขึ้นในหลายประเทศ เช่น ผลจากการสำรวจสะพานในประเทศสหรัฐอเมริกาเมื่อปี ค.ศ. 1995 พบว่าปัญหาไม่ราบเรียบบริเวณเชิงลาดสะพานเกิดขึ้นประมาณ 25% ของปริมาณสะพานทั้งหมด (พบสะพานที่มีปัญหา 150,000 สะพาน) และต้องเสียค่าใช้จ่ายซ่อมบำรุงสูงถึง 700 เหรียญสหรัฐต่อสะพานต่อปี และสูญเสียงบประมาณซ่อมบำรุงสูงถึงประมาณ 100 ล้านดอลลาร์สหรัฐต่อปี (Briaud et al., 1997) สำหรับประเทศไทยนั้น ปัญหาการทรุดตัวต่างระดับบริเวณเชิงลาดสะพานพบมากในเขตพื้นที่ภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย

โครงการปรับปรุงการออกแบบและมาตรฐานโครงสร้างปรับการทรุดตัวของบริเวณคอสะพาน (โครงการวิจัยต่อเนื่อง)

เนื่องจากดินฐานรากเป็นดินเหนียวอ่อนและมีการทรุดตัวสูง (วิชาญ, 2523; ทินกร, 2528; ยงยุทธ และ ทินกร, 2528; กฤษณ์, 2552; บารเมศ และคณะ, 2553, 2554)

นักวิจัยและวิศวกรหลายท่าน (อาทิ Wahls, 1990; Briaud et al., 1997; Dupont and Allen, 2002) ได้ศึกษาสาเหตุของความไม่ราบเรียบบริเวณเชิงลาดสะพาน และสรุปปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความไม่ราบเรียบบริเวณเชิงลาดสะพาน ดังนี้

1) การทรุดตัวของดินฐานราก เนื่องจากดินฐานรากเป็นดินอ่อน และเมื่อหน่วยแรงกดประสิทธิผล (Effective Stress) เพิ่มขึ้น จากน้ำหนักคันทางกดทับ หรือการสูบน้ำบาดาล ทำให้น้ำระบายออกจากมวลดินและเกิดการทรุดตัวประเภท Primary Settlement

2) การยุบตัวของดินถมบริเวณเชิงลาดสะพาน โดยมีสาเหตุสำคัญจากการบดอัดดินไม่เหมาะสมเนื่องจากปัญหาพื้นที่จำกัดในการบดอัดบริเวณคอสะพาน

3) การระบายน้ำและการกัดเซาะวัสดุถมบริเวณคอสะพาน ขาดการบำรุงรักษารอยต่อผิวทาง ทำให้น้ำสามารถซึมผ่านได้ ส่งผลให้เกิดช่องว่าง และการทรุดตัวของบริเวณคอสะพาน และอาจส่งผลให้โครงสร้างสะพานเกิดการชำรุดเสียหาย

4) การออกแบบและก่อสร้างไม่เหมาะสม ปริมาณการทรุดตัวที่มากเกินไปก็มักเกิดขึ้นจากการออกแบบ และก่อสร้างไม่เหมาะสม เช่น ความยาวของโครงสร้างปรับการทรุดตัวสั้นไป คันทางมีความสูงมาก วิธีการบดอัด หรือการก่อสร้างไม่เป็นไปตามแบบหรือข้อกำหนด เป็นต้น

5) งบประมาณที่จำกัด เนื่องจากหน่วยงานก่อสร้างและบำรุงทางได้รับงบประมาณประจำปีที่จำกัด และวิธีแก้ปัญหาระยะยาวของการทรุดตัวของบริเวณเชิงลาดสะพานนั้น ใช้งบประมาณในการก่อสร้างสูง งบประมาณในการปรับปรุงวิธีการออกแบบต้องไม่มากกว่างบประมาณในการบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งาน และขาดการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ 1.1 สรุปปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการความไม่ราบเรียบบริเวณเชิงลาดสะพาน Kramer and Sajer, (1991) และ Briaud et al. (1997) สรุปกลไกที่ทำให้เกิดความไม่ราบเรียบบริเวณเชิงลาดสะพานดังแสดงในภาพที่ 1.7 ซึ่งมีสาเหตุจาก (1) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามฤดูกาล, (2) การสูญเสียวัสดุเนื่องจากการกัดเซาะ, (3) การก่อสร้างไม่ได้มาตรฐาน, (4) การทรุดตัวของดินฐานราก, (5) ปริมาณการจราจรที่สูง

อย่างไรก็ตามนักวิจัยหลายท่าน (Schaefer and Koch, 1992; Laguro et al., 1990; และ Wahls, 1990) สรุปว่า ปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการทรุดตัวที่แตกต่างบริเวณเชิงลาดสะพานคือ การทรุดตัวของดินฐานราก และการไหลออกด้านข้างของวัสดุคันทางและดินฐานราก สำหรับปัญหาความไม่ราบเรียบบริเวณเชิงลาดสะพานซึ่งมักพบบริเวณภาคกลางตอนล่างของประเทศไทยนั้น มีสาเหตุสำคัญจากกระบวนการอัดตัวคายน้ำของชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯเป็นสำคัญ (เช่น วิชาญ, 2523; ทินกร, 2528; ยง

โครงการปรับปรุงการออกแบบและมาตรฐานโครงสร้างปรับการทรุดตัวของบริเวณคอสะพาน (โครงการวิจัยต่อเนื่อง)

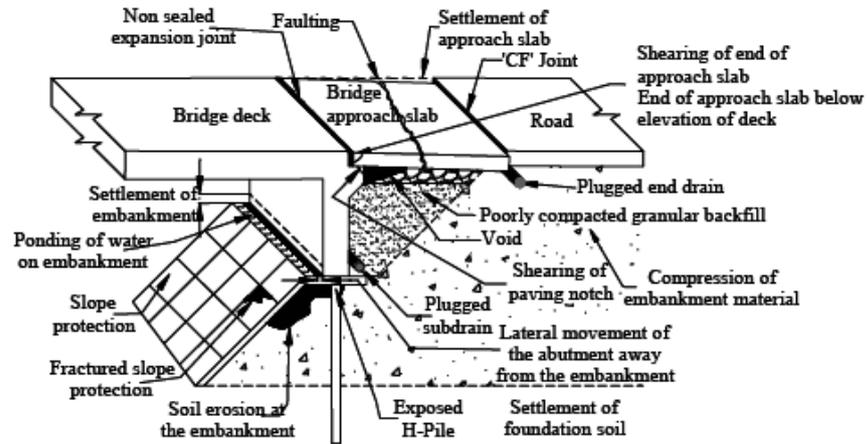
ยูท และทินกร, 2528; อรรถสิทธิ์ และคณะ, 2550; ชัยพร, 2551; กฤษณ์, 2552; บารเมศ และคณะ, 2553; Holmberg, 1978; Seah and Wongsopit, 2000)

ตารางที่ 1.1 ปัจจัยสำคัญ 3 ประการที่ทำให้เกิดการทรุดตัวที่แตกต่างบริเวณเชิงลาดสะพาน

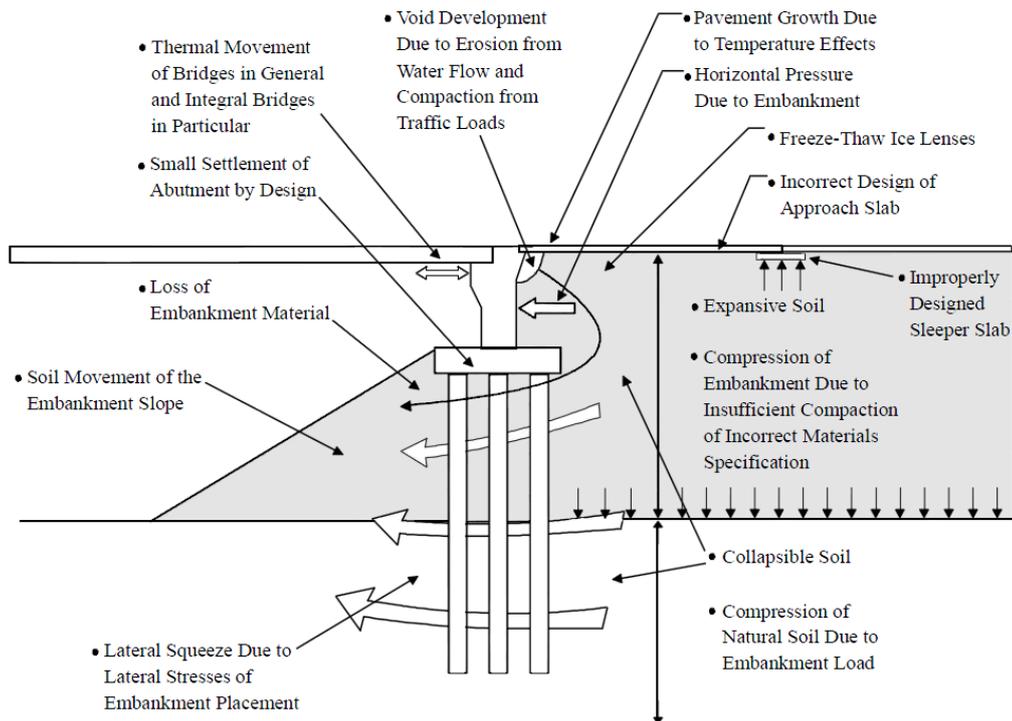
ปัจจัย	สาเหตุ	กลไก
1) การทรุดตัวที่แตกต่างของสะพานและคันทาง	การทรุดตัวของดินฐานราก	Primary Consolidation, Secondary Consolidation, Creep
	การทรุดตัวของวัสดุถมบริเวณเชิงลาด	การเปลี่ยนแปลงปริมาตรและการไหลออก รวมทั้ง Creep ของวัสดุถมคันทาง
	การทรุดตัวบริเวณจุดเชื่อมต่อโครงสร้างสะพานและคันทาง	การบดอัดไม่เพียงพอ, การระบายน้ำและการกัดเซาะ, น้ำหนักจร การเคลื่อนตัวเนื่องจากการยึดหดของวัสดุจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
2) การเคลื่อนตัวของโครงสร้างคอสะพาน	การเคลื่อนตัวในแนวตั้ง	การทรุดตัวของดินฐานราก, การกัดเซาะ
	การเคลื่อนตัวในแนวราบ	แรงดันดินด้านข้างสูง, การยึดหดตัวจากอุณหภูมิ, แรงดันเนื่องจากการบวมตัวของดิน การเคลื่อนตัวด้านข้างของคันทาง
3) การออกแบบและก่อสร้าง	ด้านวิศวกรรม	วัสดุก่อสร้างไม่เหมาะสม, ความหนาของชั้นบดอัด และมาตรฐานที่ใช้ควบคุมการบดอัด
	ผู้รับเหมา	เครื่องจักรไม่เหมาะสม, การควบคุมระดับผิดพลาด
	ผู้ควบคุมงาน	ไม่มีบุคลากรที่มีคุณภาพควบคุมงาน
	แบบก่อสร้าง	แบบก่อสร้างไม่ละเอียด, การออกแบบไม่ถูกต้อง

ที่มา : Kramer and Sajer (1991)

โครงการปรับปรุงการออกแบบและมาตรฐาน โครงสร้างปรับการทรุดตัวบริเวณคอสะพาน (โครงการวิจัยต่อเนื่อง)



ภาพที่ 1.6 ปัญหาที่มักพบบริเวณเชิงลาดสะพาน (White et al., 2005)



ภาพที่ 1.7 กลไกที่ส่งผลต่อความไม่ราบเรียบบริเวณเชิงลาดสะพาน (Briaud et al., 1997)