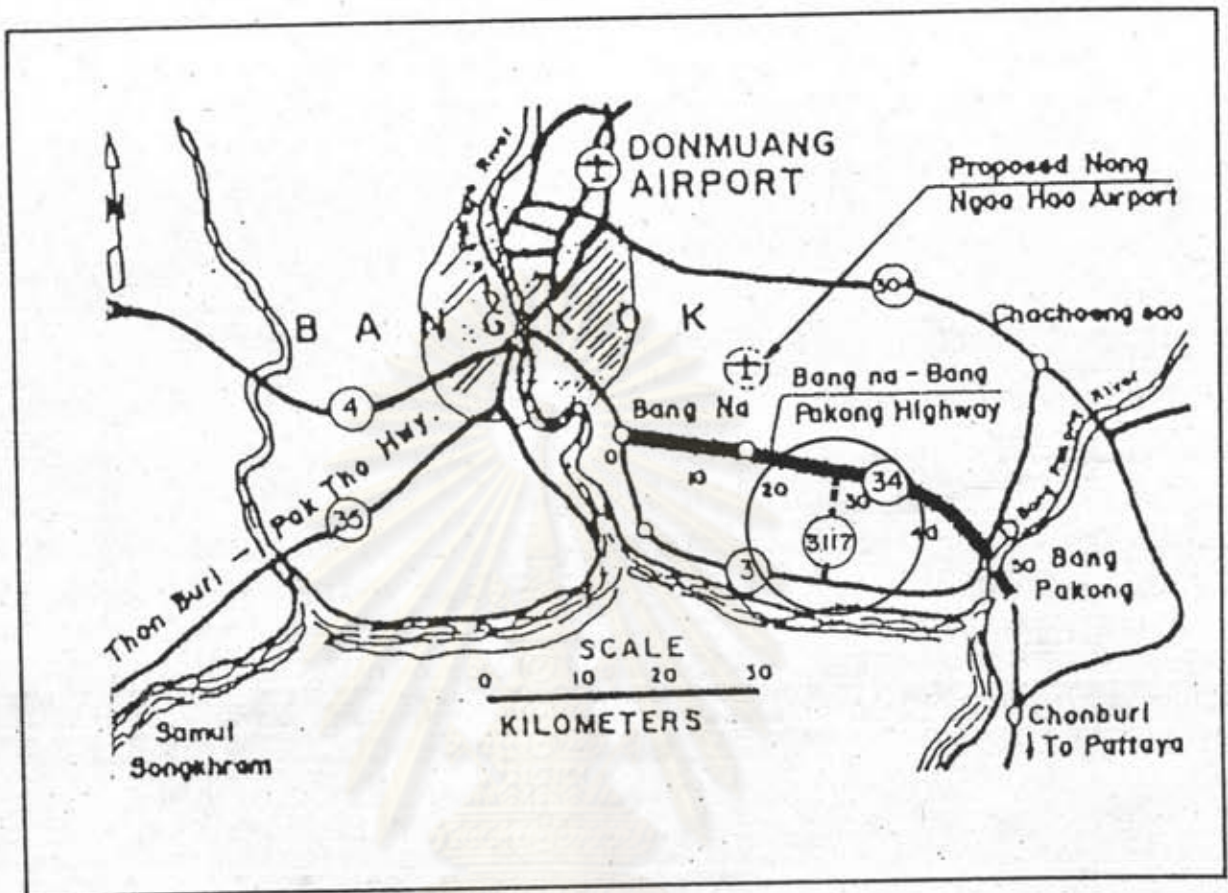




1.1 ความเป็นมาของปัญหา

เป็นเวลานานมาแล้วที่การก่อสร้างถนนในอาณาบริเวณพื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ (Soft Bangkok Clay) ซึ่งครอบคลุมที่ราบลุ่มบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาดังแสดงในรูปที่ 1.1 มีปัญหาทางด้านการทรุดตัว (Settlement) และเสถียรภาพ (Stability) ได้มีผู้ศึกษาถึงปัญหาดังกล่าว เช่น Cox (1981), Parnploy & Leerakomsan (1985) และพินิจ (1985) แต่ก็ยังไม่ครอบคลุมถึงปัญหาต่างๆ ได้ทั้งหมด โดยเฉพาะพื้นที่ระหว่างทางหลวงหมายเลข 3 (ถนนสุขุมวิท) และทางหลวงหมายเลข 34 (ถนนบางนา-ตราด) จากข้อมูลการทดสอบ Field Vane Shear ของถนนสาย คลองด่าน-บางบ่อ ซึ่งเชื่อมถนนทั้งสองสายเข้าด้วยกัน พบว่ามีค่ากำลังรับแรงเฉือนต่ำกว่าถนนทั้งสองสายที่กล่าวมาแล้วมากโดยที่แนวนอนเดิมอยู่ทางด้านซ้ายและขนานไปกับแนวคลองชลประทาน จึงเป็นถนนที่มีลักษณะทางกายภาพต่างจากถนนสายอื่นๆ ที่มีผู้วิจัยมา และปัญหาอาจเกิดการขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างรวดเร็วยู่เสมอคันทางจึงเกิดการวิบัติและเกิดการสูญเสียประมาศแผ่นดินในการก่อสร้างและการซ่อมบำรุงเป็นอันมาก นอกจากสภาพดินที่สภาพดินที่อ่อนผิวดปรกติและปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในคลองแล้ว คันทางในบริเวณที่ทำการศึกษายู่ในสภาพที่ดินอ่อนถูก Preload มาแล้วครั้งหนึ่ง การเกิดปัญหาเสถียรภาพของคันทางระหว่างการต่อเติมและปรับปรุงคันทางจึงเป็นสภาพที่ดินถูก Preload มาแล้ว ในสภาพดังกล่าวยังไม่มีผู้วิจัยผู้ใดได้ทำการศึกษามาก่อน

ถนนสายคลองด่าน-บางบ่อ (ทางหลวงจังหวัดหมายเลข 3117) ซึ่งอยู่ในเขตจังหวัดสมุทรปราการ เป็นถนนที่เชื่อมถนนสำคัญ 2 สาย เข้าด้วยกันคือ เชื่อมถนนสุขุมวิท (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3 สายสมุทรปราการ-บางนา-บางปะกง ที่ กม. 57+796.63 และถนนบางนา-ตราด (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 34 สายบางนา-บางปะกง ที่ประมาณ กม. 27+000) ระยะทางทั้งสิ้น 7+565 กม. เพื่อให้โครงข่ายของถนนเชื่อมกันได้ครบวงจร และสามารถแบ่งเบาการจราจรเมื่อถนนอีกสายมีปัญหาการคับคั่งของการจราจรเกิดขึ้น อีกทั้งเป็นการรองรับการขนส่งสินค้าอุตสาหกรรมซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นแหล่งโรงงานอุตสาหกรรมที่



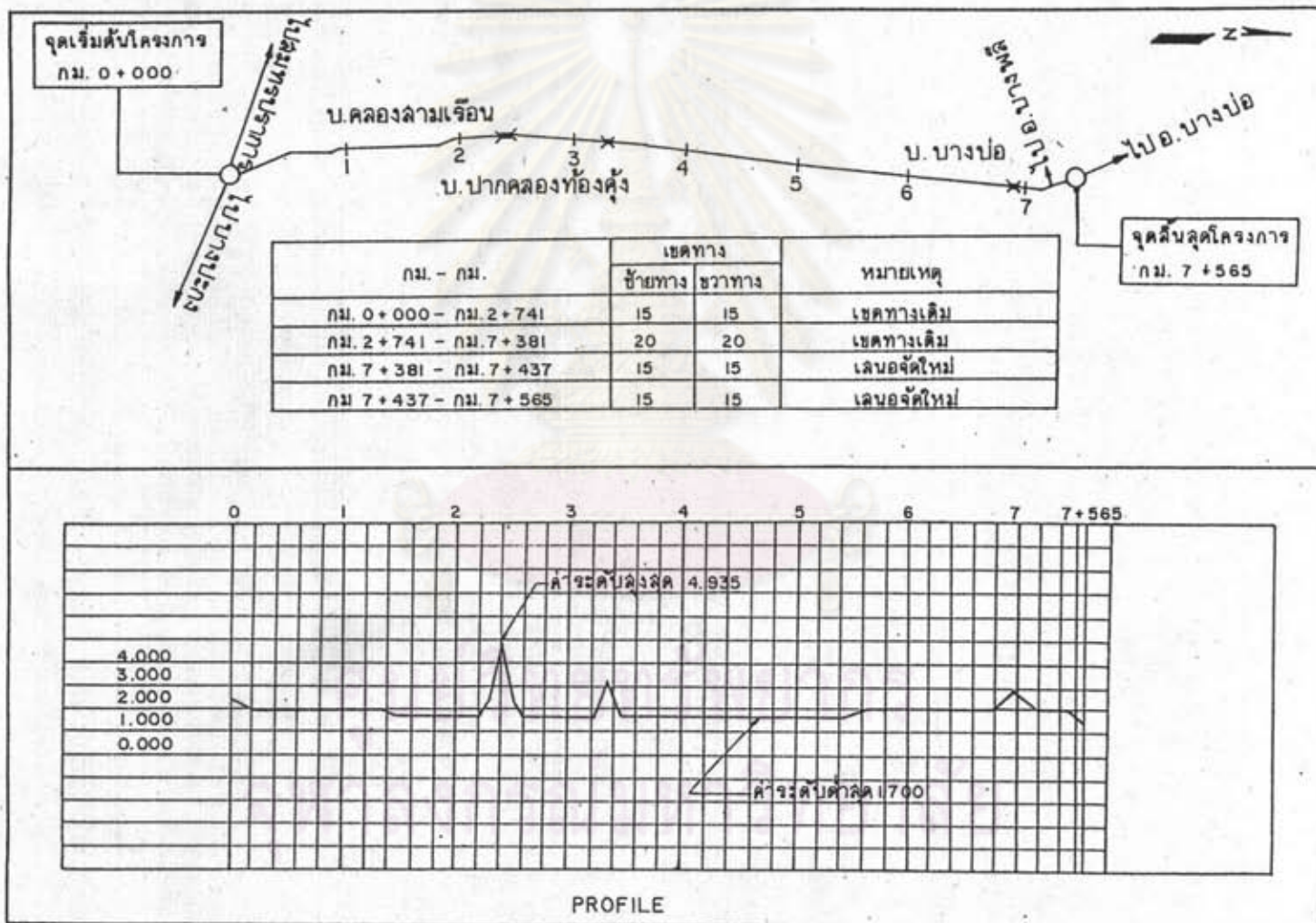
รูปที่ 1.1 แผนที่สังเขปแสดงอาณาบริเวณพื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศอีกทั้งเป็นเส้นทางที่นำไปสู่นิคมอุตสาหกรรมและท่าเรือน้ำลึกทางภาคตะวันออกเฉียงใต้

ถนนสายคลองด่าน-บางบ่อ เดิมอยู่ในความรับผิดชอบของจังหวัดสมุทรปราการ ราษฎรเจ้าของที่ดินในเขตที่ถนนตัดผ่านได้ยื่นขอมยกที่ดินเพื่อทำการก่อสร้างถนนสายนี้โดยไม่คิดค่าตอบแทนแต่ประการใด จังหวัดสมุทรปราการได้ส่งมอบถนนสายนี้ให้กรมทางหลวงเมื่อปี พ.ศ. 2513 โดยมีสภาพเป็นทางลูกรังกว้าง 7.0 เมตร คันทางสูงประมาณ 0.30-0.50 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลางซึ่งใกล้เคียงกับระดับดินเดิม มีสะพานไม้ 4 แห่งเริ่มก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2516 แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2518 เพื่อเชื่อมถนนสายบางนา-ตราด และสุขุมวิทเข้าด้วยกันดังแสดงในรูปที่ 1.2 ถนนสายนี้ออกแบบโดยกรมทางหลวงเป็นมาตรฐาน $F_4(5.5/9)$ ถนนผิวจราจร DOUBLE SURFACE TREATMENT กว้าง 5.50 เมตร ไหล่ทางกว้างข้างละ 1.75 เมตร และต่อมากรมทางหลวงได้ทำการออกแบบและก่อสร้างถนนสายนี้ใหม่เป็นมาตรฐาน $F_4(6.5/11)$ เนื่องจากถนนเก่าหมดอายุโดยออกแบบเป็นถนนผิวจราจร DOUBLE SURFACE TREATMENT กว้าง 6.50 เมตร ไหล่ทางกว้างข้างละ 2.25 เมตร คันทางกว้าง 11.00 เมตร สูงประมาณ 2.00 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลางหรือประมาณ 1.30-1.40 เมตร จากระดับดินเดิม ปริมาณการจราจรก่อนการก่อสร้าง 1700 คันต่อวัน

ในปัญหาเนื่องจากบริเวณที่ทางหลวงสายนี้ตัดผ่านเป็นที่ลุ่มดินอ่อน ด้านซ้ายทางช่วง กม. 0+000 ถึง กม. 1+500 น้ำทะเลท่วมถึง และด้านขวาทางเป็นคลองชลประทานตลอดพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการเลี้ยงปลาสดและกุ้งกุลาดำ มีโรงงานอุตสาหกรรมชั้นเล็กน้อยสภาพถนนเดิมเป็นถนนลาดยาง ผิวทางชำรุดทรุดโทรมมีดินป้องกันน้ำท่วมคันทางเกือบตลอดสายเนื่องจากคันทางเดิมเกิดการทรุดตัวมากเกือบตลอดสายจนกระทั่งผิวคันทางมีระดับต่ำกว่าระดับน้ำข้างทาง สภาพดินอ่อนมากเป็นสาเหตุให้ตัวคันทางมีอัตราการทรุดตัวค่อนข้างสูงเฉลี่ย 10 ซม. ต่อปี ในฤดูฝนหรือกรณีฝนตกหนักจึงต้องสูบน้ำที่ขังข้างทางออก การทรุดตัวดังกล่าว (10 ซม. ต่อปี) ส่วนหนึ่งเกิดจากการทรุดตัวเนื่องจากแผ่นดินทรุดอันเป็นผลจากการสูบน้ำบาดาล อย่างไรก็ตามก็ชี้ข้อมูลได้แสดงว่าถนนสายนี้มีการทรุดตัวมากเพราะก่อนการซ่อมแซมระดับผิวถนนอยู่ใกล้กับผิวดินเดิม

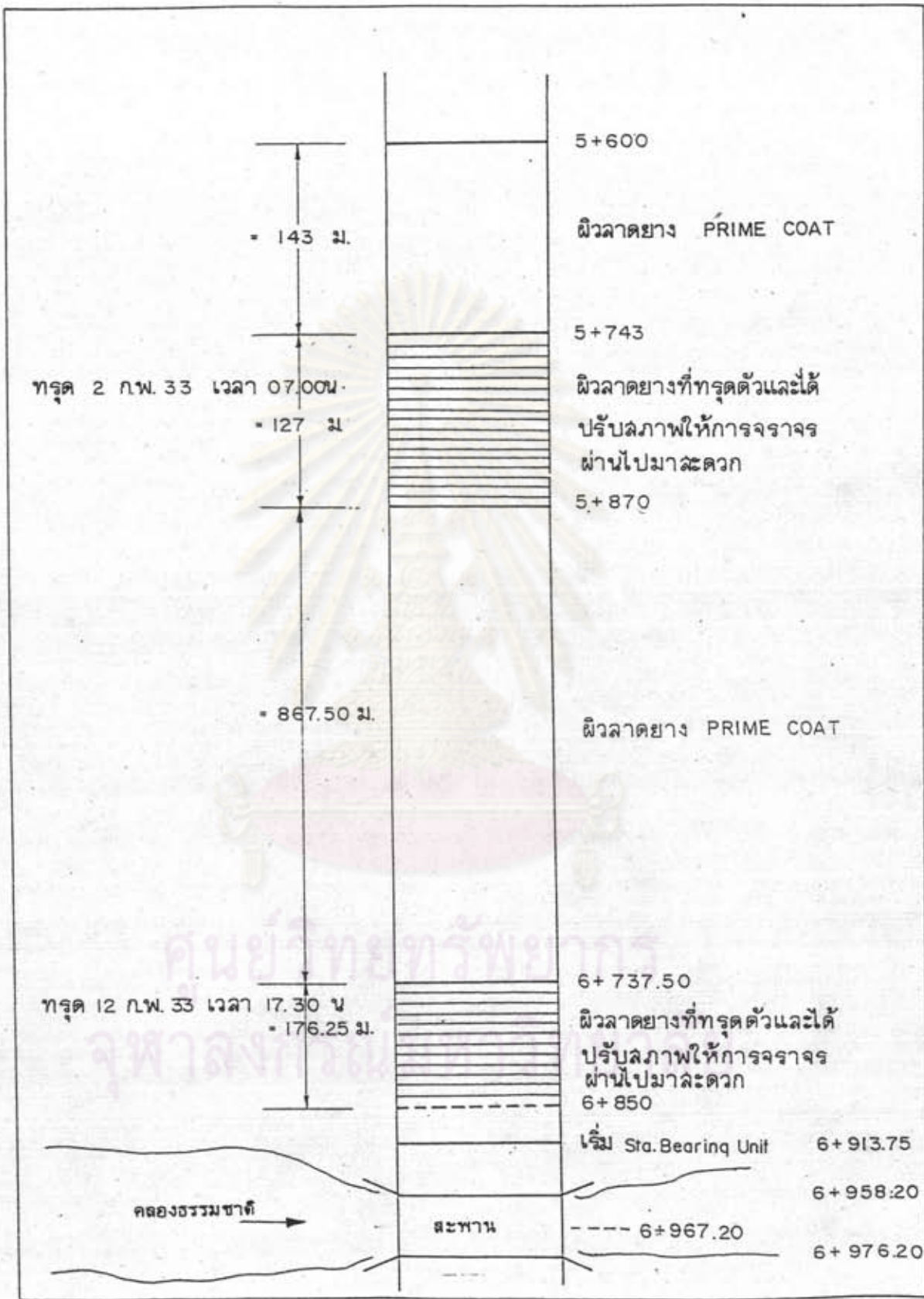


รูปที่ 1.2 แผนที่สังเขปนถนนสาย คลองด่าน-บางป่อ จังหวัดสมุทรปราการ

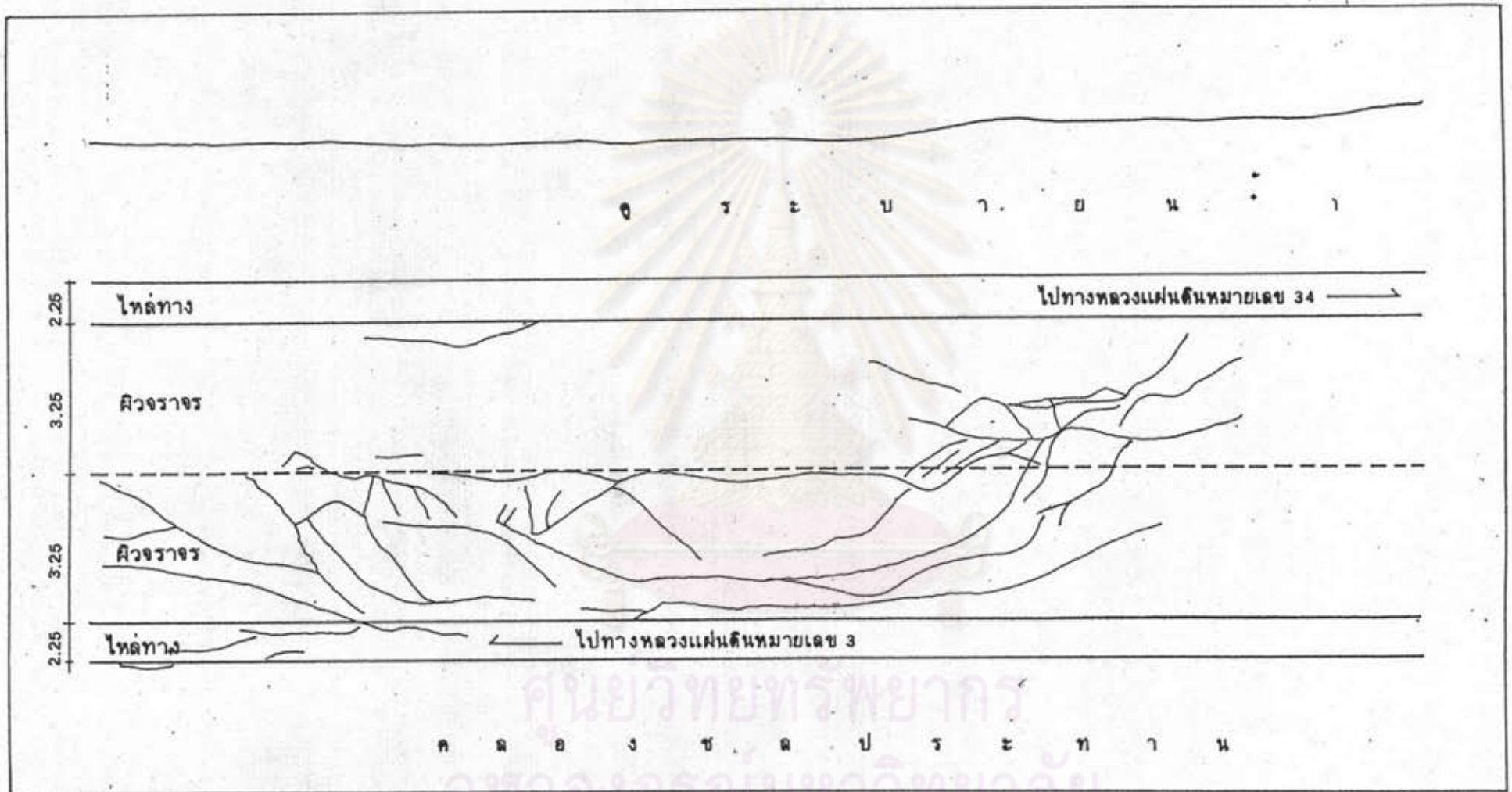
เพื่อลดปัญหาจากน้ำท่วมการข่มแซมถนนจึงทำโดยยกระดับคันทางสูงขึ้นจากเดิม 1.50 เมตร ทำให้คันทางสูงขึ้นประมาณ 1.30-1.40 เมตรและหลังคันทางอยู่ที่ระดับ +2.00 จากระดับน้ำทะเลปานกลาง(ขณะวิบัติระดับหลังคันทางทรุดมาอยู่ที่ +1.40 เมตร (MSL)) โดยพิจารณาความสูงของคันทางให้เหมาะสมกับความสามารถในการรับน้ำหนักของดินเดิมใต้คันทาง

สำหรับผิวดินเดิมอยู่ที่ระดับประมาณ 0.30-0.50 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง (MSL) ระดับความลึกของดินอ่อนโดยเฉลี่ย 20 เมตร และจุดสิ้นสุดโครงการอยู่ระหว่างชว. กม. 27 ของถนนสายบางนา-ตราด ซึ่งพินิจ (2528) ได้ทำการศึกษามาก่อนแล้วพบว่าถนนสายบางนา-ตราด นี้มีสภาพดินเป็นดินอ่อนมีค่า Natural Water Content อยู่ระหว่าง 110-150 %, Plasticity Index อยู่ระหว่าง 50-80 %, Sensitivity 4-7 ค่า OCR ค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะที่ความลึกประมาณ 10 เมตร ลงไปดินจะมีสภาพเป็น Normally Consolidated Clay มีค่าหน่วยน้ำหนักโดยเฉลี่ย 1.35 ตันต่อลูกบาศก์เมตร และขณะก่อสร้างพบว่าถนนสายบางนา-ตราด มีปัญหาเกี่ยวกับการทรุดตัวในลักษณะที่ไม่ระบายน้ำออกที่มากเกินไป ทำให้ดินเหนียวเกิดการเคลื่อนตัวทางด้านข้างมาก รวมทั้งการเคลื่อนตัวแบบอีลาสติก (Elastic Movement) แบบที่ดินเกิดการวิบัติเฉพาะจุด (Local Yielding) และอันเดรนคริพ (Undrained Creep) และคันทางต้องออกแบบด้วยค่าความปลอดภัยของคันทางต่ำ (Low Safety Factor Against Slope Failure)

ถนนสายคลองด่าน-บางบ่อ ได้ประสบปัญหาระหว่างการก่อสร้างคันทางเมื่อได้ก่อสร้างคันทางถึงชั้นพื้นทาง (Base Course) ซึ่งอยู่สูงจากดินเดิมประมาณ 1.30-1.40 เมตร ได้เกิดการวิบัติขึ้น 2 แห่งคือ ระหว่าง กม.5+743-กม.5+870 และระหว่าง กม. 6+737.5-กม.6+850 ดังแสดงในรูปที่ 1.3 ถึง 1.5 ซึ่งสภาพการวิบัติทั้งสองแห่งเกิดรอยแตกที่กึ่งกลางถนนเกิดการทรุดตัวและเคลื่อนตัวไปทางด้านขวาทางด้านคลองชลประทานทำให้ดินในคลองชลประทานถูกยกตัวสูงขึ้นและขวางกั้นทางเดินของน้ำ โดยคลองชลประทานห่างจากกึ่งกลางถนนประมาณ 14 เมตร และอยู่ในเขตทางดังแสดงในรูปที่ 1.6 และ 1.7 แม้ว่าขณะทำการก่อสร้างได้มีการควบคุมการถมดินโดยติดตั้ง Piezometer เพื่อควบคุมแรงดันน้ำโพรงเพิ่ม (Excess Pore Water Pressure, u) ไม่ให้สูงเกินกว่าค่าที่จะทำให้คันทางวิบัติก็ตาม ดังแสดงในรูปที่ 1.8 และ 1.9 แต่

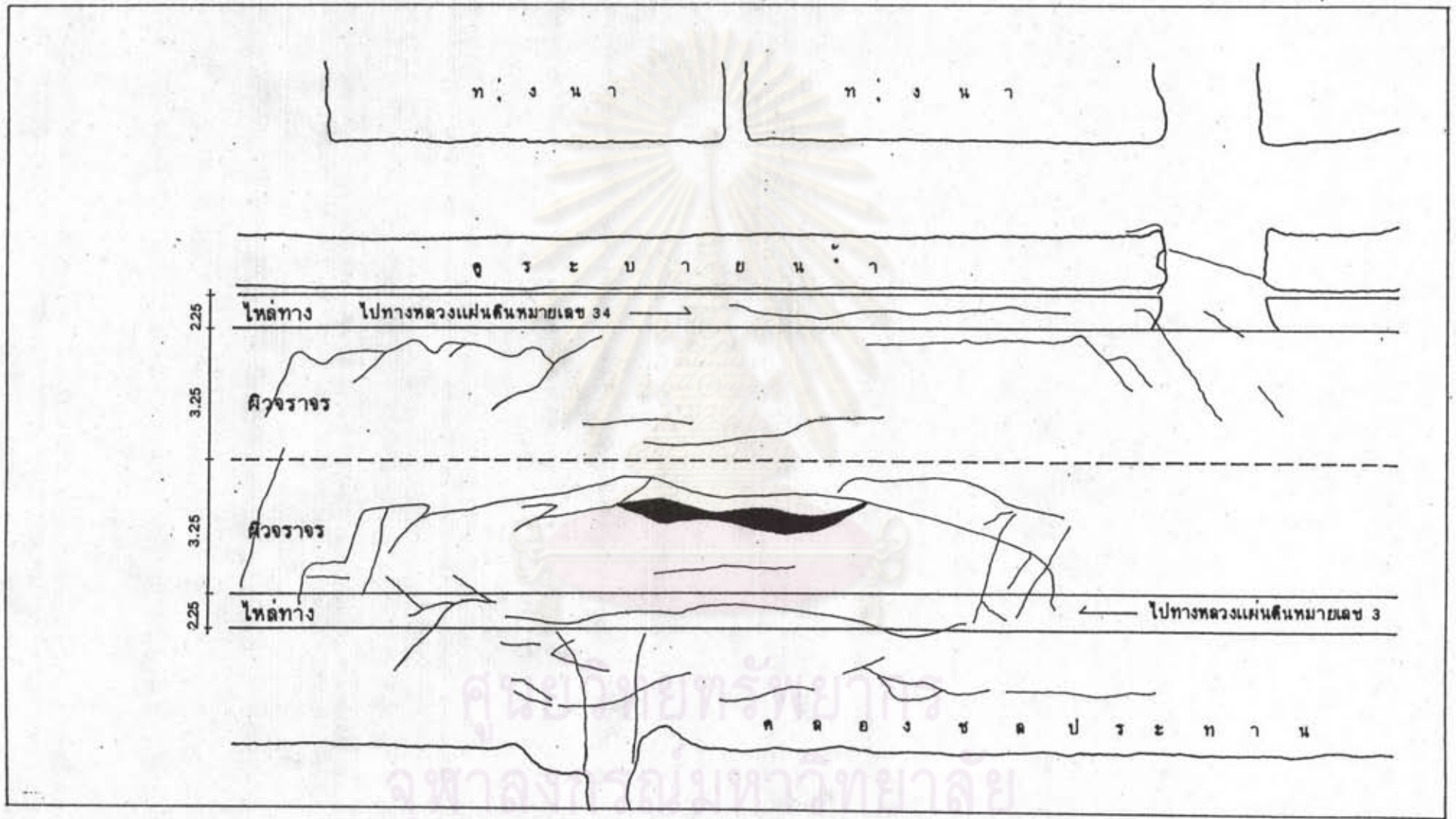


รูปที่ 1.3 แสดงข้อมูลการวิบัติของคันทางที่ กม.5+743-กม.5+870 และ กม.6+737.5-กม.6+850



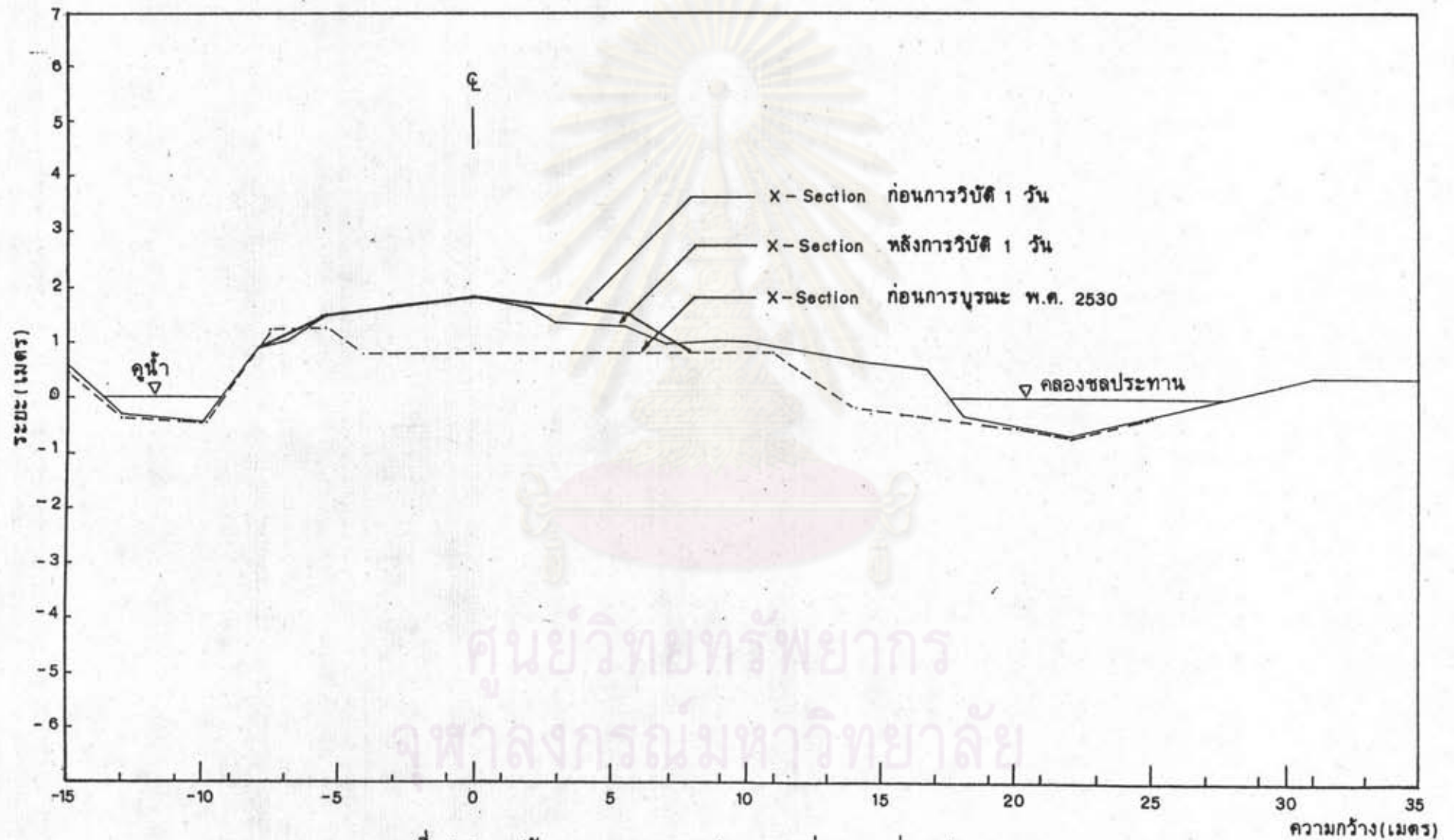
รูปที่ 1.4 แปลนพื้นผิวสภาพการวิบัติของถนนสาย คลองด่าน-บางบ่อ

กม.5+743-กม.5+870

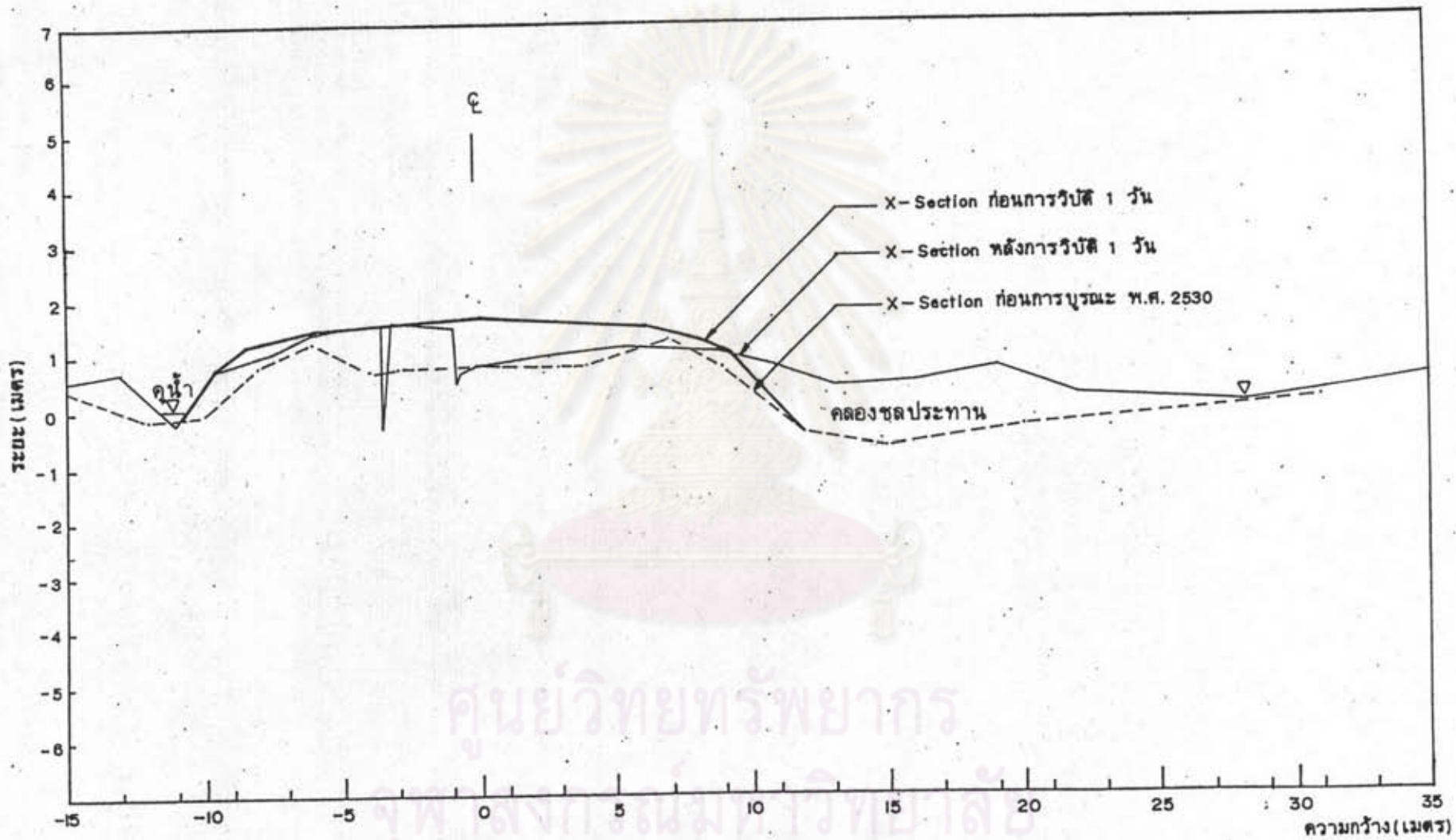


รูปที่ 1.5 แปลนหน้าผิวสภาพการวิบัติของถนนสาย คลองด่าน-บางบ่อ

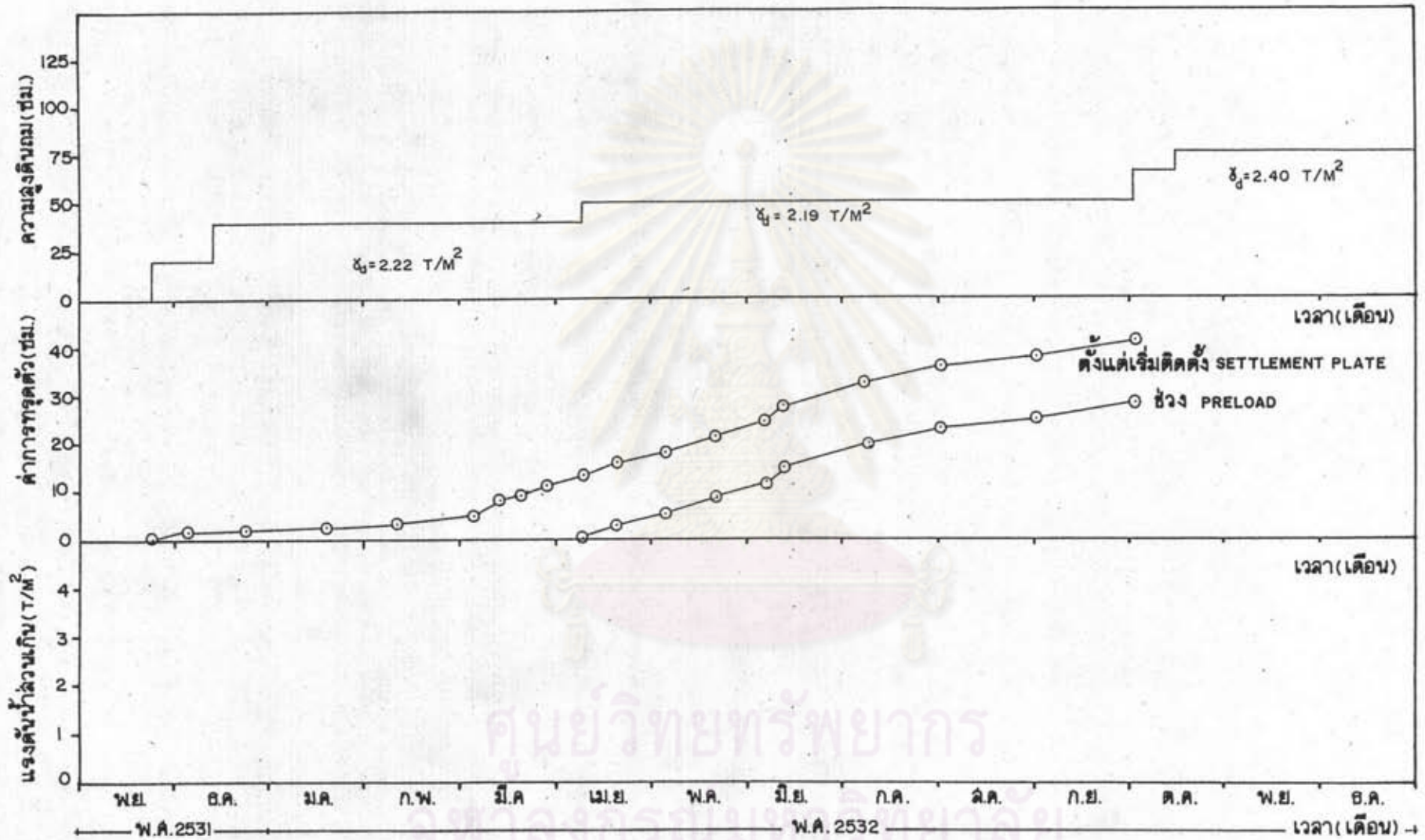
กม. 6+737.5-กม. 6+850



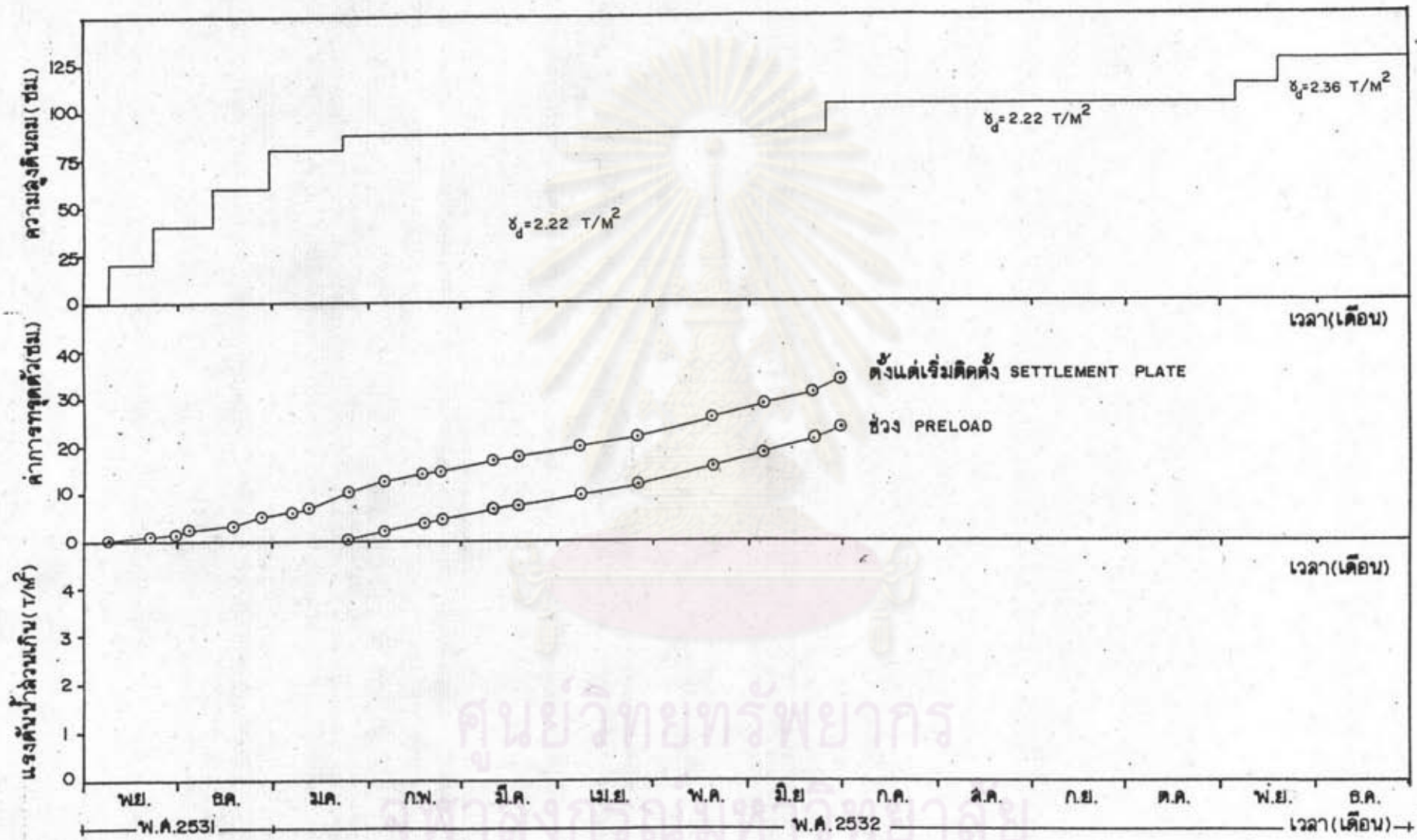
รูปที่ 1.6 รูปตัดตามขวางของถนนสาย คลองด่าน-บางบ่อ แสดงระนาบ
 หลังการวิบัติ กม.5+750



รูปที่ 1.7 รูปตัดตามขวางของถนนสาย คลองด่าน-บางบ่อ แสดงระนาบ
 หลังการวิบัติ กม.6+750



รูปที่ 1.8 แสดงระยะเวลาการถมดินทางในระหว่างการก่อสร้างกับค่า
การทรุดตัวและแรงดันน้ำส่วนเกิน กม.5+000



รูปที่ 1.9 แสดงระยะเวลาการถมดินทางในระหว่างการก่อสร้างกับค่าการทรุดตัวและแรงดันน้ำส่วนเกิน กม. 7+000

เป็นที่น่าสังเกตว่าบริเวณที่เกิดการวิบัติอยู่ห่างจากบริเวณที่มีการควบคุมแรงดันน้ำโพรงเพิ่ม (Δu) ประมาณ 750 เมตร และ 250 เมตร ตามลำดับ

การวิบัติของคันทางเกิดขึ้นหลังจากที่ได้ทำการก่อสร้างชั้น Base Course พร้อมทั้งทำการ Prime Coat เสร็จเรียบร้อยแล้วเป็นเวลาประมาณ 8 เดือน (สาเหตุที่ไม่ได้ทำการก่อสร้างชั้นผิวจราจรให้แล้วเสร็จเนื่องจากปัญหาวิกฤตการวิบัติก่อสร้างขาดแคลน เมื่อปี พ.ศ. 2532-พ.ศ. 2533) การวิบัติเริ่มที่ กม. 5+743-กม. 5+870 เมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2533 ทั้งนี้เนื่องจากชาวบ้านได้ทำการสูบน้ำจากคลองชลประทานเข้าสู่บ่อเลี้ยงปลาทำให้ระดับน้ำลดลงประมาณ -2 เมตรจากระดับน้ำปกติและการวิบัตินี้เกิดขึ้นหลังจากการสูบน้ำประมาณ 6 ชั่วโมง ส่วน กม. 6+737.5-กม. 6+850 เกิดการวิบัติหลังจากการวิบัติของ Section แรก 10 วัน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในคลองชลประทานที่ได้ลดลงไปแล้วเพราะเป็นฤดูแล้งและไม่มีน้ำจากคลองธรรมชาติไหลเข้ามาเนื่องจากถูกปิดทางเดินของน้ำโดยเจ้าของบ่อเลี้ยงปลา โดยที่ Section ที่สองนี้อยู่ห่างจากคอสะพานประมาณ 30 เมตร และบริเวณคอสะพานยังไม่ได้มีการถมดินเพื่อก่อสร้างคันทางไว้เพราะต้องทำการตอกเสาเข็มเพื่อทำ Bearing Unit ในภายหลัง การวิบัติที่ Section นี้ระดับน้ำในคลองชลประทานที่ลดลงยังไม่กลับเข้าสู่ระดับปกติ ทั้งนี้เนื่องจากการวิบัติที่ Section แรกได้ปิดกั้นทางเดินของน้ำไว้ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

จุดประสงค์ของการวิจัย มีดังต่อไปนี้

1.2.1 วิเคราะห์หาเสถียรภาพของคันทางทั้งสอง Section ดังกล่าว พร้อมทั้งพิจารณาหาสาเหตุของการวิบัติ

1.2.2 ตรวจสอบความเหมาะสมและความเชื่อถือของการทดสอบในสนาม (FVT & CPT) เพื่อหาแรงเฉือนในการตรวจสอบเสถียรภาพในสนามที่คืนถูก Preload มาก่อน

1.2.3 คาดคะเนและเปรียบเทียบการทรุดตัวจากวิธีวิเคราะห์ที่พิจารณาผลของการทรุดตัวต่างกัน และคาดคะเนการทรุดตัวของคันทางที่ได้ก่อสร้างเสร็จแล้ว

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้จะทำการศึกษาเสถียรภาพและสาเหตุของการวิบัติระหว่างการก่อสร้างที่ กม.5+743 - กม.5+870 และ กม.6+737.5 - กม.6+850 และการทรุดตัวของถนนสายคลองด่าน-บางบ่อ (ทางหลวงจังหวัดหมายเลข 3117) ซึ่งสภาพดินเป็นดินอ่อนมากมีค่ากำลังรับแรงเฉือนต่ำกว่าปกติ มีค่าการยุบอัดตัวสูง มีการวิบัติเฉพาะจุด (Local Yield) และปัญหาทางด้านอันเดรนคริพ (Undrained Creep) พร้อมทั้งเสนอแนะวิธีการป้องกันที่อาจจะเกิดขึ้นอีกและอาจจะใช้ในการออกแบบก่อสร้างถนนสายอื่นต่อไป สำหรับองค์ประกอบและข้อมูลที่ต้องศึกษามีดังนี้

1.3.1 ศึกษาและทดสอบหาค่าคุณสมบัติพื้นฐานและกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำบริเวณที่วิบัติจากในสนามและห้องปฏิบัติการเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัวและเสถียรภาพ

1.3.2 พิจารณาวิธีการวิเคราะห์หาเสถียรภาพบริเวณนี้โดยวิธีการวิเคราะห์แบบหน่วยแรงรวม (Total Stress Analysis, TSA) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปในการวิเคราะห์ปัญหาทางด้านเสถียรภาพ

1.3.3 หาสาเหตุการวิบัติของคันทางบนดินอ่อนและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพ

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.4.1 เพื่อเป็นแนวทางในการตรวจสอบเสถียรภาพของคันทางซึ่งก่อสร้างบนดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ (Soft Bangkok Clay) เพื่อหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ได้

1.4.2 เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบสำหรับถนนที่ก่อสร้างบนดินเหนียวอ่อนมากกรุงเทพฯ ทำให้ประหยัดงบประมาณและคาดคะเนพฤติกรรมระหว่างการก่อสร้างได้ดีขึ้น