ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ
เลขบทความที่ วศ.ปฐพีและฐานราก 58/02

การพิบัติของถนนริมคลอง กรณีภัยแล้ง พ.ศ. 2558

โดย

รศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์
ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมปฐพีและฐานราก

หน่วยวิจัยการออกแบบและวิจัยด้านวิศวกรรมปฐพี
ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

13 กรกฎาคม 2558

เลขบทความที่ วศ.ปฐพีและฐานราก 58/02

คำนำ

เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดประโยชน์ด้านงานวิศวกรรมปฐพีทั้งงานสำรวจ ออกแบบ ก่อสร้าง และใช้งานตามแต่วัตถุประสงค์ของผู้ใช้ ซึ่งเป็นนโยบายประการหนึ่งของศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก และยังเป็นเอกสารที่ใช้อ้างอิงทางวิชาการเพื่องานศึกษาวิจัยต่อไป การอ้างอิงเอกสารฉบับนี้สามารถทำได้ดังนี้

สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์. 2558. “การพิบัติของถนนริมคลอง กรณีภัยแล้ง พ.ศ. 2558”. หน่วยวิจัยการออกแบบและวิจัยด้านวิศวกรรมปฐพี ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

การพิบัติของถนนริมคลอง กรณีภัยแล้ง พ.ศ. 2558

รศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์

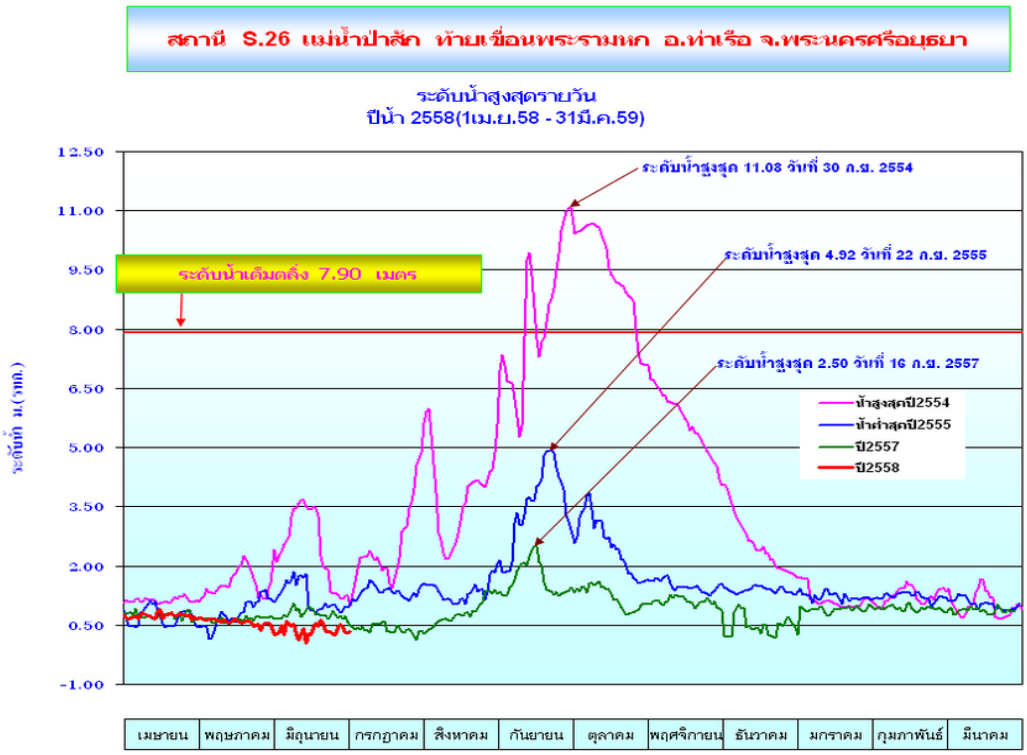
ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมปฐพีและฐานราก

[1] หน่วยวิจัยการออกแบบและวิจัยด้านวิศวกรรมปฐพี, ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2] อุปนายก และประธานอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมปฐพี สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ความนำ

หลังจากเหตุการณ์มหาอุทกภัยปี พ.ศ.2554 ปริมาณน้ำท่าในลำคลองและแม่น้ำได้ลดลงทุกปีอย่างต่อเนื่อง ดังข้อมูลสถานีวัดระดับน้ำในแม่น้ำป่าสักบริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยาดังรูปที่ 1 ที่แสดงให้เห็นว่าระดับน้ำมีการลดลงอย่างต่อเนื่องและมีความแห้งแล้งที่ยาวนานคือเริ่มเร็วกว่าปกติตั้งแต่ก่อนปลายปี พ.ศ. 2557 และต่อเนื่องจนเลยกลางเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2558 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปีก่อนๆที่ผ่านมาพบว่าระดับน้ำควรจะเริ่มสูงขึ้นในช่วงเดือนนี้ ความแห้งแล้งที่ยาวนานส่งผลให้ตลิ่งธรรมชาติและตลิ่งริมคลองชลประทานเกิดการพิบัติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถนนริมคลองชลประทานได้เกิดการยุบตัวตามลงมาเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามเมื่อตรวจสอบประวัติการพิบัติของถนนริมคลองชลประทานนั้นจะพบว่าได้เกิดการพิบัติมาอย่างต่อเนื่องในตลอดกว่า 20 ปีที่ผ่านมา (รูปที่ 2) แต่ในปี พ.ศ.2558 นี้การพิบัติได้เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากเป็นพิเศษกว่าทุกๆปีที่ผ่านมา



รูปที่ 1 ระดับน้ำในแม่น้ำป่าสัก ณ สถานีท้ายเขื่อนพระรามหก (กรมชลประทาน, 2559)

ก) ภาพจาก Prof Dennes T. Bergado ไม่ทราบปีที่แน่ชัดแต่ไม่ต่ำกว่า 20ปี

ข) ภาพจากกรมทางหลวง ถนนสายรังสิต-นครนายก

ค) ภาพจากกรมทางหลวง ปีพ.ศ. 2542

ง) การพิบัติของถนนในจังหวัดปทุมธานีในปี พ.ศ.2553 (สุทธิศักดิ์, 2555)

รูปที่ 2 การพิบัติของถนนริมคลองในอดีต

เพื่อให้เข้าใจสถานการณ์ได้อย่างถูกต้อง เราคงต้องมาทำความรู้จักกับโครงสร้างของคลองชลประทานกัน คลองชลประทานนั้นเป็นคลองขุดที่ใช้ในการส่งน้ำเข้าพื้นที่ชลประทาน ซึ่งมีทั้งคลองสายใหญ่และคลองซอย โดยที่รูปร่างคลองได้แก่ ความกว้าง ความลึก และความชันของทั้งท้องคลองและลาดตลิ่งจะถูกออกแบบมาให้สามารถรองรับอัตราการส่งน้ำได้ตามที่วิศวกรชลประทานกำหนด และจะต้องมีความปลอดภัยต่อการพิบัติของลาดคลองในกรณีวิกฤติต่างๆ โดยดินที่ได้จากการขุดคลองจะนำมาใช้ทำเป็นคันดินริมคลองเพื่อป้องกันการล้นของน้ำออกจากคลอง และใช้เป็นถนนสัญจร (รูปที่ 3) โดยวัตถุประสงค์เริ่มแรกในการใช้งานของถนนดังกล่าวคือใช้เพื่อการเข้าไปบำรุงรักษาคลองและใช้ในการขนส่งพืชผลทางการเกษตร อย่างไรก็ตามเมื่อเมืองเกิดการขยายตัวและปริมาณการจราจรเพิ่มมากขึ้น ถนนริมคลองเหล่านี่จึงได้ถูกขอนำไปใช้ในการเชื่อมโครงข่ายการจราจร โดยหน่วยงานที่ขอใช้พื้นที่จากกรมชลประทานได้แก่กรมทางหลวงชนบทและหน่วยงานปกครองส่วนท้องถิ่น เป็นต้น ทั้งนี้หน่วยงานดังกล่าวได้เข้าไปทำการปรับปรุงผิวทางและขยายความกว้างของคันทางเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งานสำหรับการจราจร หลังปี พ.ศ.2554 ถนนบางสายยังได้ถูกนำไปใช้ในการใช้เป็นคันป้องกันน้ำท่วม โดยการยกระดับการถมดินถนนให้สูงขึ้นและทำลาดชันตลิ่งให้เหมาะสม หรือในกรณีที่มีพื้นที่ไม่เพียงพอที่ทำลาดชันตลิ่งให้ปลอดภัย จะมีการใช้เสาเข็มหรือกำแพงกันดินในการเสริมให้ลาดตลิ่งมีความแข็งแรงมากขึ้น (รูปที่ 4) หรือในกรณีที่มีการยุบตัวของคันทางระหว่างการก่อสร้างหรือหลังจากการใช้งาน ก็จะแก้ไขโดยการใช้นำเอาดินคันทางออกแล้วตอกเข็มปูพรมก่อนที่จะถมถนนขึ้นมา ดังนั้นถ้าจะสรุปคุณลักษณะของถนนริมคลองชลประทานจะสามารถสรุปเป็นข้อๆได้ดังนี้

1. วัตถุประสงค์เริ่มต้นของถนนริมคลองชลประทานนั้นมีเพื่อใช้ในการขนส่งพืชผลทางการเกษตรและการเข้าบำรุงรักษาคลอง นอกจากนั้นถนนริมคลองยังใช้เป็นคันคลองป้องกันน้ำล้นออกจากคลองหรือกันน้ำภายนอกไหลเข้าคลอง โดยถนนดังกล่าวก่อสร้างจากดินที่ขุดได้จากการก่อสร้างคลอง

2. คันคลองหรือถนนริมคลองชลประทานนั้นได้ถูกขอใช้พื้นที่ส่วนบนคันคลองจากหน่วยงานอื่นเพื่อใช้เป็นถนนเพื่อการสัญจรและเชื่อมโครงข่ายการจราจร ทั้งนี้ทั้งคลองและคันคลองเดิมยังถือว่าเป็นความรับผิดชอบของกรมชลประทาน ในขณะที่ชั้นถนนและผิวทางที่ก่อสร้างใหม่บนคันคลองจะดูแลรักษาโดยหน่วยงานที่ขอใช้พื้นที่

3. หลังปี พ.ศ.2554 ถนนริมคลองชลประทานได้ถูกนำมาใช้เป็นถนนเพื่อการสัญจรและยกระดับให้สูงขึ้นเพื่อใช้เป็นคันป้องกันน้ำท่วมไปในเวลาเดียวกัน

รูปที่ 3 สภาพถนนริมคลองชลประทานตามการใช้งานปกติที่ไม่ได้มุ่งเน้นการจราจร

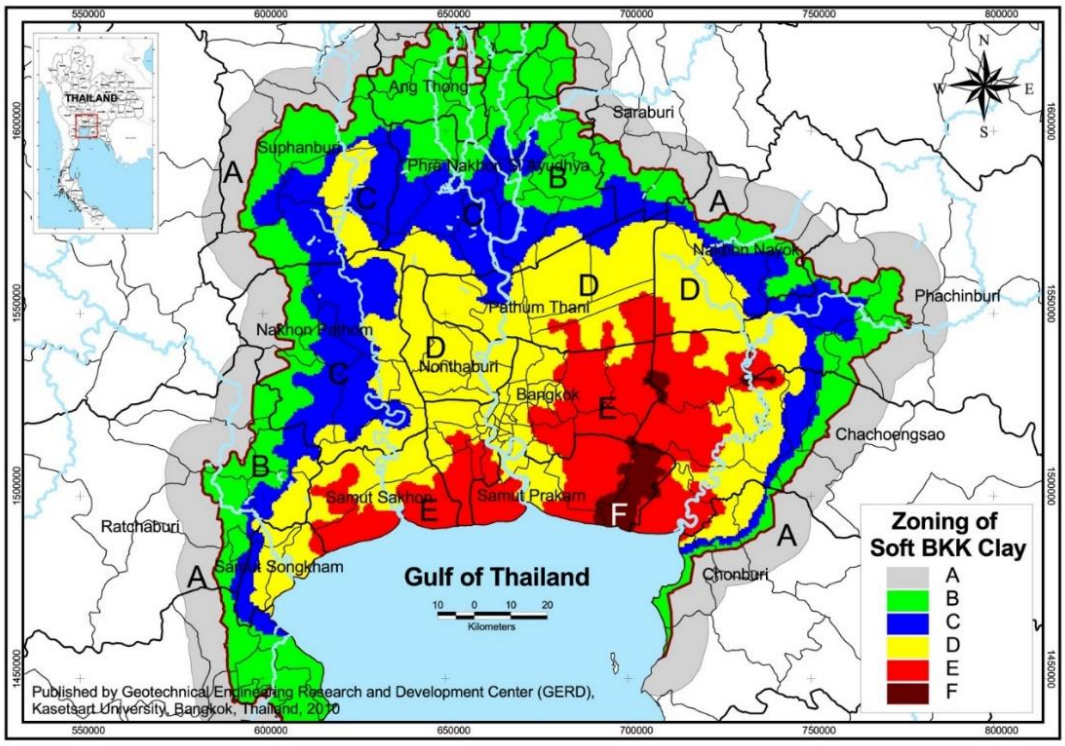
รูปที่ 4 การปรับปรุงถนนริมคลองชลประทานเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้ป้องกันน้ำท่วมและการจราจร

สาเหตุการพิบัติ

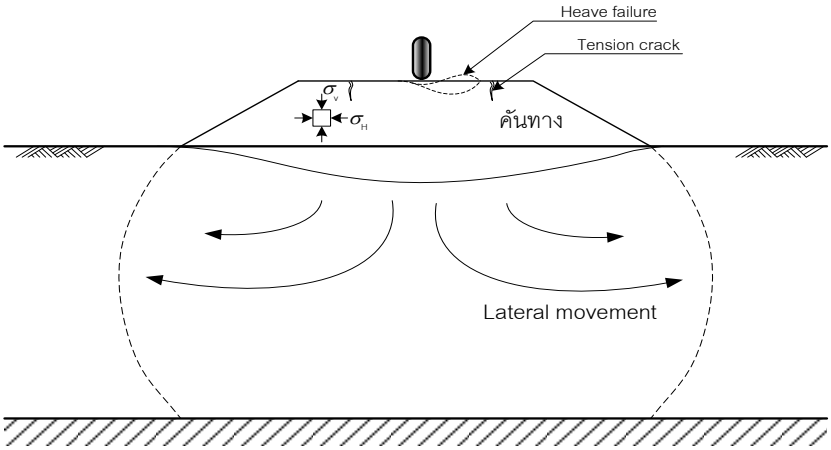
ในช่วงฤดูแล้งที่ยาวนานยืดออกมาจากฤดูการปกติ พบว่ามีการพิบัติของถนนริมคลองชลประทานจำนวนหลายตำแหน่ง (รูปที่ 8) เมื่อทำการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลและประมวลผลจากข้อมูลในอดีตและตามทฤษฎีทำให้สามารถคาดการณ์สาตุการพิบัติได้ดังต่อไปนี้

<u>1. การพิบัติของถนนริมคลองชลประทาน เกิดขึ้นในพื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ</u> ซึ่งชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯนั้นเกิดขึ้นจากการตกตะกอนของดินเหนียวในพื้นที่ที่ในอดีตเมื่อกว่า 10,000 ปีที่แล้วเป็นทะเล พื้นที่ดังกล่าวมีขนาดประมาณ 100x100 ตร.กม. (รูปที่ 5) ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่จังหวัดอ่างทองลงมาจรดอ่าวไทยและในฝั่งตะวันตกตั้งแต่เขตอำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม จนมาสุดฝั่งตะวันออกในพื้นที่จังหวัดชลบุรี นครนายก เมื่อดูจากทิศตะวันตก-ตะวันออก ดินเหนียวอ่อนนี้มีความหนาเฉลี่ย 8-12 เมตรในช่วงบริเวณกรุงเทพฯ และมีความหนาต่างๆกันไปตามพื้นที่ ลักษณะชั้นดินนั้นมีความแปรปรวน ไม่คงที่ การเจาะสำรวจชั้น

ดินตามมาตรฐานนั้น (ทุกๆ 250-500 เมตร) อาจจะข้ามพื้นที่ที่มีดินฐานรากที่อ่อนมากและหนามากไปได้ จึงอาจจะมีโอกาสเกิดการพิบัติได้มากกว่าบริเวณอื่น ทั้งนี้ชั้นดินอ่อนใต้คันทางนั้นจะถูกแรงกดจากน้ำหนักถนนและดันตัวออกด้านข้างด้วยระยะการเคลื่อนตัวและแรงดันที่มาก (รูปที่ 6) ดังนั้นหากเป็นถนนริมคลอง ดินฐานรากก็จะถูกดันออกไปบริเวณตลิ่งริมคลองและจะเกิดการพิบัติได้โดยง่าย



รูปที่ 5 พื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ จำแนกตามความลึกของชั้นดินเหนียวอ่อนตั้งแต่ หนาที่สุดไปจนถึงบางที่สุด (Zone F ถึง Zone A) (ฐานข้อมูลชั้นดินในพื้นที่ดินเหนียวอ่อน, จากงานวิจัยของ รศ.ดร. วรากร ไม้เรียง, วิทยานิพนธ์ของ เชิดพันธ์ (2553), สุทธิศักดิ์ และคณะ (2553) และกรมทรัพยากรธรณี (2553)

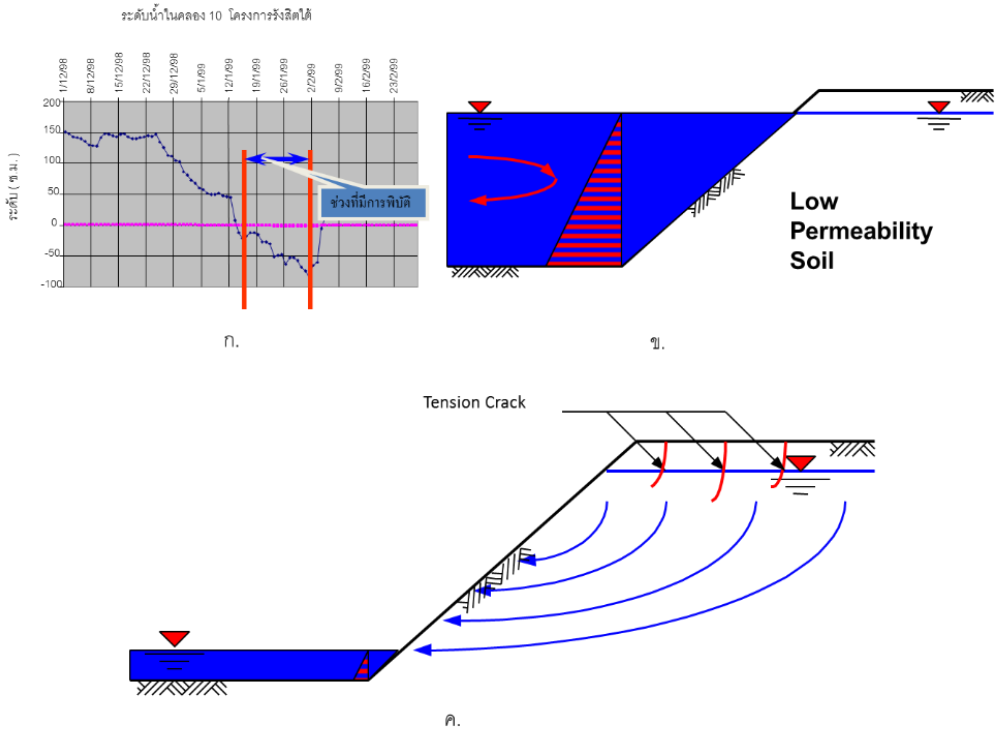


รูปที่ 6 การยุบตัวและดันตัวออกด้านข้างของชั้นดินอ่อนใต้คันทาง (รศ.ดร.วิชาญ ภู่พัฒน์)

2. จุดที่เกิดการพิบัตินั้นบางตำแหน่งเป็นบริเวณที่เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำเดิม หรือเป็นบ่อน้ำอยู่ริมคลอง หรือเป็นจุดตัดระหว่างคลองชลประทานกับคลองธรรมชาติเดิม พื้นที่ดังกล่าวเหล่านี้ เป็นพื้นที่ที่มีความชื้นในดินและแรงดันน้ำใต้ดินสูงกว่าบริเวณอื่น ซึ่งแรงดันน้ำดังกล่าวจะดันตลิ่งคันคลองให้พิบัติได้ง่ายเมื่อระดับน้ำในคลองลดลง

3. คลองชลประทานมีโอกาสเกิดการลดลงของระดับน้ำอย่างรวดเร็ว(Sudden drawdown) จากการใช้งานปกติที่มีการจ่ายน้ำเข้าคลองซอย หรือในช่วงที่น้ำแล้งมากที่เกษตรกรจะเร่งสูบน้ำเข้าพื้นที่สวนหรือไร่นา หรือในช่วงปลายฤดูฝนต้นฤดูหนาวที่น้ำในคลองจะระบายออกได้เร็วขึ้น ซึ่งจะทำให้มีโอกาสในการพิบัติของลาดตลิ่งมากขึ้น ทั้งนี้พฤติกรรมการพิบัติของลาดตลิ่งจากการที่ระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็วนั้นเกิดจากการที่เมื่อน้ำอยู่ในคลอง น้ำในคลองจะซึมเข้าไปในดินลาดตลิ่ง แต่เมื่อน้ำในคลองลดลงอย่างรวดเร็วด้วยสาเหตุต่างๆที่กล่าวมาข้างต้น น้ำในดินที่อยู่ในลาดตลิ่งจะระบายน้ำออกมาไม่ทัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งลาดตลิ่งที่เป็นดินเหนียว ดินลาดตลิ่งจึงอุ้มน้ำและเกิดแรงดันเนื่องจากน้ำพยายามจะไหลออกมา แรงดันดังกล่าวถ้ามากพอก็จะทำให้ลาดตลิ่งและถนนคันคลองที่อยู่ด้านบนเกิดการพิบัติ (รูปที่ 7)

4. การควบคุมความยาวเข็ม ถนนริมคลองหลายสายที่ประสงค์ที่จะใช้เป็นคันกั้นน้ำ มักจะต้องมีการยกระดับความสูงให้พ้นน้ำท่วม ส่งผลให้มีน้ำหนักดินที่จะดันลาดคันคลองลงไปในคลองมากขึ้น จึงจำเป็นต้องออกแบบโดยใช้เสาเข็มตอกเสียบไว้ด้านข้างถนนในลักษณะกำแพงกันดินและช่วยเพิ่มเสถียรภาพของลาดชันโดยรวม (Overall stability) อย่างไรก็ตาม กำแพงกันดินนี้ได้รับการก่อสร้างแบบควบคุมความยาวให้เป็นไปตามการเจาะสำรวจและออกแบบ (Pile length control) โดยปลายเข็มจะต้องหยั่งปลายลงไปในชั้นแข็งเพียงพอตามที่ผู้ออกแบบกำหนด ดังนั้นถ้าผลการเจาะสำรวจถูกต้องทุกอย่างจะไม่มีปัญหา แต่หากผลการเจาะสำรวจไม่ครอบคลุมจุดที่มีความหนาของชั้นดินอ่อนที่หนาผิดปกติ เสาเข็มที่ตอกลงไปก็จะสั้นเกินไป และจะมีโอกาสที่จะพิบัติได้

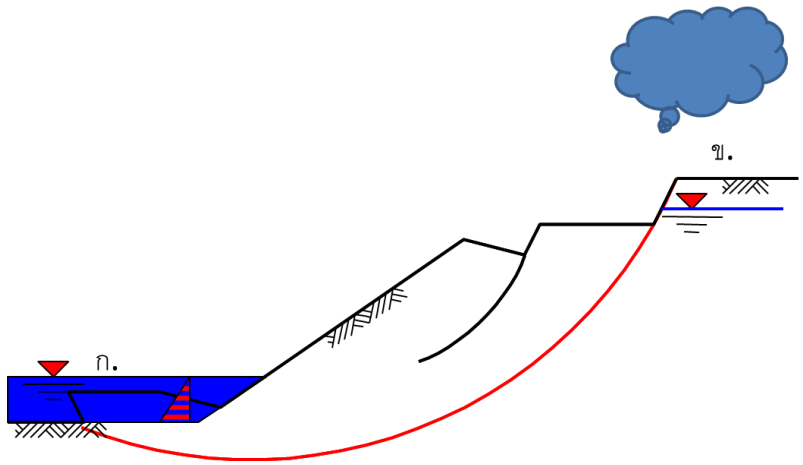


รูปที่ 7 กลไกการเกิด Sudden drawdown ก. ข้อมูลระดับน้ำในคลองรังสิตในปี พ.ศ.2542 ในช่วงที่มีการพิบัติ ข.ช่วงปลายฤดูฝนที่น้ำเต็มตลิ่ง ค. ช่วงปลายฤดูฝนระดับน้ำในคลองจะลดลงแต่ระดับน้ำในตลิ่งจะไหลออกช้ากว่าจึงดันดินตลิ่งให้พังทลาย

<u>5. ฤดูแล้งที่ยาวนาน</u>ส่งผลโดยตรงต่อการพิบัติของลาดตลิ่งและถนนริมคลองชลประทานเนื่องด้วยการขาดน้ำในคลองที่จะช่วยดันหรือพยุงลาดตลิ่งให้มีเสถียรภาพหรือเกี่ยวเนื่องจากเหตุอื่นซึ่งได้ประมวลสาเหตุต่างๆที่เป็นไปได้ดังต่อไปนี้

ก. ระดับน้ำต่ำกว่าระดับน้ำต่ำสุดที่ใช้ในการออกแบบ ทั้งนี้คลองชลประทานเป็นโครงสร้างทางวิศวกรรมที่มีการออกแบบและมีข้อจำกัดของการใช้งาน หนึ่งในนั้นคือการออกแบบความปลอดภัยของลาดชันคลองในสภาวะที่ระดับน้ำอยู่ที่ระดับต่ำสุด ซึ่งในกรณีของการออกแบบนั้นมีอย่างน้อยสองรูปแบบคือกรณีความปลอดภัยระยะสั้น พิจารณาในกรณีหลังการขุดเสร็จใหม่ๆ ยังไม่มีน้ำในคลอง ซึ่งเป็นช่วงเวลาสั้นๆหลังการก่อสร้าง กรณีที่สองคือกรณีความปลอดภัยระยะยาว คือกรณีที่ระดับน้ำอยู่ที่ระดับปกติและ ระดับน้ำต่ำสุด โดยกรณีหลังจะประเมินว่าระดับน้ำน้ำในคลองอาจจะอยู่ที่ระดับต่ำสุดเป็นเวลานาน อย่างไรก็ตามในกรณีที่เกิดขึ้นจริงจะพบว่าไม่ตรงกับกรณีการวิเคราะห์ โดยระดับน้ำต่ำกว่าระดับน้ำต่ำสุดหรือแทบจะไม่มีน้ำ แต่เกิดขึ้นเป็นระยะเวลานาน กรณีดังกล่าวถือว่าวิกฤติกว่ากรณีที่ใช้ในการออกแบบ (รูปที่ 8)

ข. เกิดการคืบของดิน การที่ไม่มีน้ำมาช่วยพยุงตลิ่งไว้เป็นเวลานาน ดินฐานรากและดินลาดตลิ่งอาจเกิดการคืบตัว(creep)อย่างช้าๆจนหลายส่วนในมวลดินเกิดการครากหรือวิบัติ ซึ่งสังเกตได้จากการที่ถนนเริ่มยุบตัวหรือมีรอยแตกเป็นวง จนสุดท้ายความแข็งแรงของดินก็ไม่สามารถจะเอาชนะน้ำหนักของถนนและลาดดินที่ไหลตัวลงตามแรงโน้มถ่วงในที่สุด



รูปที่ 8 การพิบัติของตลิ่งเมื่อระดับน้ำลดลงต่ำ ก. แรงดันน้ำในคลองไม่พอที่จะพยุงลาดตลิ่ง ข. ขณะที่น้ำในคลองยังต่ำอยู่ หากเกิดฝนตกจะยิ่งเพิ่มโอกาสเสี่ยงในการพิบัติมากขึ้น

ค. การพิบัติของลาดดินหน้ากำแพงกันดิน กำแพงกันดินแบบ Cantilever ที่ค้ำยันถนนไว้นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องอาศัยแรงดันดินหน้ากำแพงเพื่อค้ำยันตัวกำแพงไว้อีกทีหนึ่ง (Passive force) ดังนั้นเมื่อน้ำลดระดับลงเผยให้เห็นลาดตลิ่งคลองส่วนล่างใกล้ตีนคลองที่ส่วนมากจะชันเพราะการไหลกัดเซาะของน้ำหรือการขุดลอก แต่ที่ผ่านมาระดับไม่ได้ต่ำถึงขนาดนี้ น้ำจึงพยุงลาดตลิ่งส่วนล่างนี้ไว้ได้ อย่างไรก็ตามเมื่อน้ำลดลงต่ำลาดดินส่วนนี้ก็จะไถลลงไปในคลอง (รูปที่ 9) ส่งผลให้แรงค้ำยันด้านหน้ากำแพงลดลง และทำให้กำแพงและถนนด้านบนเกิดการเคลื่อนตัวตามมาและพิบัติในที่สุด ดังนั้นจุดสำคัญที่สุดประการหนึ่งในการออกแบบระบบกำแพงกันดินแบบ Cantilever wall นี้คือการทำให้ดินด้านหน้ากำแพงมีความเสถียรมากที่สุด ที่ดีที่สุดคือให้มีลาดตลิ่งที่ไม่ชันและมีความเสถียรของตัวเองมากพอ

ง. ดินลาดตลิ่งแห้งและหดตัว(shrink) เนื่องจากความแห้งแล้งที่ยาวนาน ส่งผลให้ดินลาดตลิ่งแตกระแหงและสูญเสียกำลังความแข็งแรง จนอาจจะพิบัติในที่สุด ซึ่งถ้าเป็นกำแพงกันดินแบบ Cantilever wall เมื่อดินส่วนนี้พิบัติก็จะนำพากำแพงและถนนพังตามลงมา อย่างไรก็ตมข้อสันนิฐานประการนี้ยังต้องการการพิสูจน์ในทางวิชาการต่อไป

จ. การสูบน้ำของเกษตรกรในช่วงที่น้ำต่ำ โดยการขุดการตัดลาดชันของลาดตลิ่งส่งผลให้รูปร่างของลาดตลิ่งชันขึ้น การพิบัติจึงอาจเกิดได้ง่านขึ้น ข้อนี้เป็นข้อสันนิฐานจากสิ่งที่พบเห็นในสนาม (รูปที่ 10)

ฉ. แรงสั่นสะเทือนจากการจราจร เมื่อน้ำในคลองอยู่ในระดับต่ำสุด ความมั่นคงของกำแพงกันดิน ลาดตลิ่งและถนนที่อยู่ด้านบนจะอยู่ในสภาวะที่ง่ายต่อการพิบัติ หากมีแรงกระทำที่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนจากการจราจร โดยเฉพาะรถบรรทุกที่หนักและวิ่งด้วยความเร็วสูง จะเป็นการเร่งให้การพิบัติเกิดได้ง่าย หรือถ้าจุดใดที่มีการร้าวหรือแตกไปแล้ว ซึ่งหมายถึงว่าดินใต้คันทางและลาดตลิ่งได้เริ่มคลากแล้ว อย่างไรก็ตามในทางวิศวกรรมตัวกระตุ้นการพิบัตินั้นไม่สำคัญเท่าระบบที่ไม่มั่นคงตั้งแต่แรก (รูปที่ 11)

รูปที่ 9 การพิบัติของลาดตลิ่งด้านหน้ากำแพงเนื่องจากน้ำลดลงต่ำมาก ส่งผลให้กำแพงเคลื่อนตัวตามเพราะสูญเสียแรงต้านด้านหน้า

รูปที่ 10 การขุดปรับลาดตลิ่งเพื่อสูบน้ำของเกษตรกร

รูปที่ 11 รถบรรทุกที่หนักและวิ่งเร็ว เป็นปัจจัยกระตุ้นให้เกิดการเคลื่อนตัวและพิบัติได้ง่ายเมื่อระดับน้ำอยู่ต่ำ

แนวทางการแก้ไขทางเทคนิค

1. การแก้ไขชั่วคราวก่อนและหลังการพิบัติ ในกรณีที่เริ่มมีอาการของการเสียเสถียรภาพเช่นมีรอยแตกการยุบตัวของถนนหรือการเอียงของกำแพง ไม่ควรรอให้เกิดการพิบัติ แต่ควรดำเนินการดังต่อไปนี้

ก. ห้ามรถหนักสัญจรและควบคุมความเร็วของการจราจรในพื้นที่ที่เสียหาย

ข. ห้ามสัญจรในส่วนที่มีการร้าวเหลือยุบตัว ในลักษณะที่จะไปเพิ่มน้ำหนักให้ถนน

ค. ปรับลาดชันคลองให้มีลาดชันน้อยลงหรือเพิ่มตะพักเพื่อเสริมเสถียรภาพ กรณีอาจเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติเพราะส่วนของลาดคันคลองเป็นส่วนที่รับผิดชอบโดยกรมชลประทานและการเพิ่มตะพักดินหรือทำให้ลาดดินชันน้อยลงต้องนำดินมาจากที่อื่น

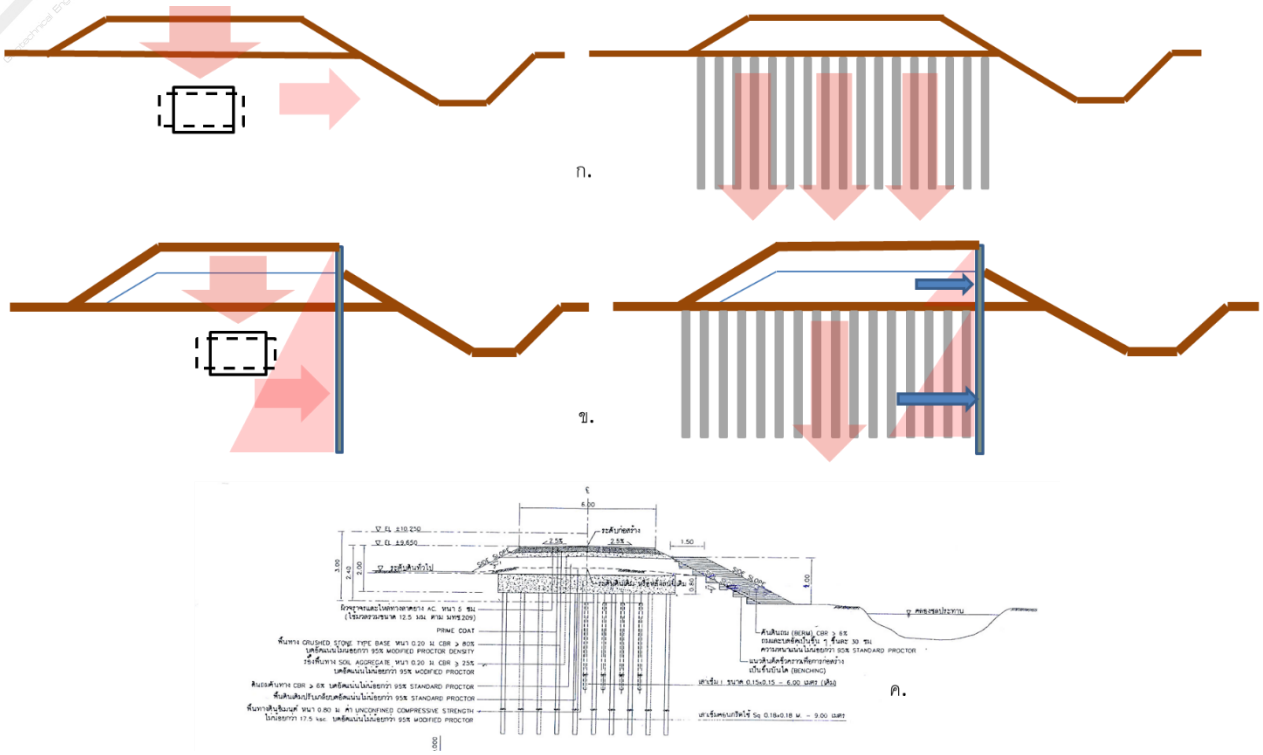
ง. หากการพิบัติเกิดขึ้นไปแล้ว ควรทำการขุดลอกชั้นดินออกเพื่อลดน้ำหนักและทำผิวทางเพื่อการสัญจรชั่วคราว (กรณีนี้หน่วยงานที่ดูแลได้ดำเนินการอยู่แล้ว)

2. การซ่อมแซมเพื่อใช้งาน สามารถดำเนินการตามหลักดังต่อไปนี้

ก. การลดแรงดันดินดินด้านข้างโดยการถ่ายน้ำหนัก ให้น้ำหนักถนนลงไปสู่ชั้นดินที่แข็งแรงกว่าในแนวดิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อดินฐานรากรับน้ำหนักถนนในแนวดิ่ง ดินจะเกิดการขยายตัวออกด้านข้างและส่งแรงดันดินออกไปที่กำแพงกันดินหรือลาดตลิ่ง หรือกดดินฐานรากที่อ่อนให้ไหลตัวออกด้านข้างได้ แต่ถ้าเราถ่ายแรงในแนวดิ่งที่เกิดจากน้ำหนักถนนลงสู่ชั้นดินแข็งด้านล่างที่อยู่ลึกและขยายตัวด้านข้างน้อย แรงดันดินด้านข้างที่กระทำต่อกำแพงหรือลาดตลิ่งก็จะลดลง เทคนิคที่ใช้ในการซ่อมลักษณะนี้เรียกว่าการทำ Relieving platform หรือ Bearing unit ซึ่งสามารถทำได้ในลักษณะดังต่อไปนี้

- การตอกเสาเข็มปูพรมเพื่อรองรับคันทาง (รูปที่ 12) โดยลอกส่วนคันทางออกแล้วจึงตอกเสาเข็มเพื่อให้เสาเข็มรับน้ำหนักถนนลงสู่ดินด้านล่าง กรณีนี้ใช้ได้ดีในงานตลิ่งแม่น้ำ แต่ถ้าใช้ในงานถนนอาจจะต้องระวังรอยต่อระหว่างส่วนที่ทำและไม่ทำ เพราะอาจจะมีการทรุดตัวที่แตกต่างกัน นอกจากนั้นในกรณีที่ใช้ Slab ถ่ายน้ำหนักถนนลงเข็มยังต้องระวังเรื่องการใช้งานในอนาคตโดยเฉพาะคันดินกั้นน้ำท่วมเนื่องจากอาจเกิดช่วงว่างใต้ Slab เมื่อใช้งานไปในระยะหนึ่ง เพราะ Slab จะไม่ทรุดตามดินข้างใต้ การออกแบบเป็นหมอกครอบเข็มปูพรมอาจจะทำให้ปัญหาดังกล่าวหมดไป

- การใช้เสาเข็มดิน-ซีเมนต์แทนการตอกเสาเข็มปูพรม แต่ต้องมีการควบคุมคุณภาพให้ดี และต้องไม่ทำในขณะที่ระบบมีความไม่มั่นคง หรืออาจจะทำสลับช่วงกันเพื่อไม่ให้มีปัญหาการพิบัติในขณะที่ดิน-ซีเมนต์ยังไม่แข็งตัวตามเกณฑ์ นอกจากนั้นยังต้องออกแบบชั้น Slab ถ่ายแรงจากดินคันทางลงสู่เสาเข็มดินซีเมนต์ให้เหมาะสมเช่นเดียวกับกรณีการตอกเสาเข็มคอนกรีต

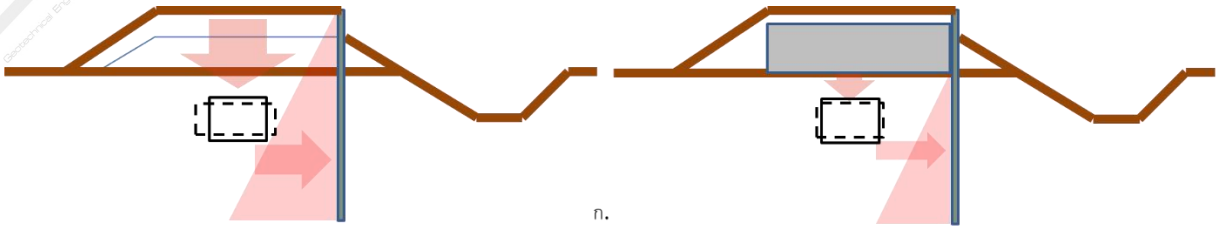


รูปที่ 12 การซ่อมแซมโดยการใช้เสาเข็มปูพรม ก. เพื่อลดแรงดันด้านข้างที่เกิดจากการขยายตัวออกของดินเมื่อถูกแรงกดทับ ข. เพื่อลดแรงดันที่กระทำกับกำแพงกันดิน ค. แบบการซ่อมแซมโดยการใช้เสาเข็มปูพรม

ข. **การลดแรงดันดินดินด้านข้างโดยการโดยการใช้วัสดุมวลเบา** ทั้งนี้เพื่อลดแรงกดที่จะเกิดที่ฐานรากดินอ่อน การดันตัวของดินอ่อนออกด้านข้างหรือการดันกำแพงก็จะต่ำ วัสดุมวลเบานั้นมีด้วยกันหลายประเภทที่เคยใช้กันในถนนประเทศไทยได้แก่การใช้ขี้เถ้าแกลบผสมปูนขาว Light weight cement EPS Foam ฯลฯ (รูปที่13)

ค. **การเสริมโครงสร้างค้ำยันกำแพงกันดินที่มีอยู่เดิม** เพื่อเปลี่ยนจากระบบ Cantilever wall ให้เป็น Anchored wall เช่นการตอกเสาเข็มเอียงไม่เกิน 1:6 เพื่อเพิ่มแรงดึงด้านข้างไม่ให้กำแพงล้ม หรืออาจจะเสริม Sheet pile ด้านหน้ากำแพงกันดินเพื่อรักษาแรง Passive force ด้านหน้ากำแพง (กรณีหลังนี้คงต้องปรึกษากรมชลประทาน) (รูปที่ 14)

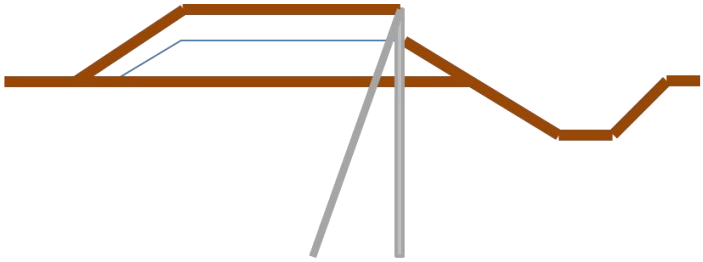
ง. **การเสริมกำลังให้ลาดชันคันคลองและป้องกันการกัดเซาะ** โดยการเสริมเสาเข็มทางด้านข้างของไหล่ถนน การทำ Rock riprap หรือ Gabion และ Mattress เพื่อรักษามวลดินด้านหน้ากำแพง หรือมวลดินด้านหน้าลาดตลิ่งที่จะเป็นน้ำหนักยันถนนด้านบน กรณีนี้คงต้องปรึกษากรมชลประทานเช่นเดียวกัน



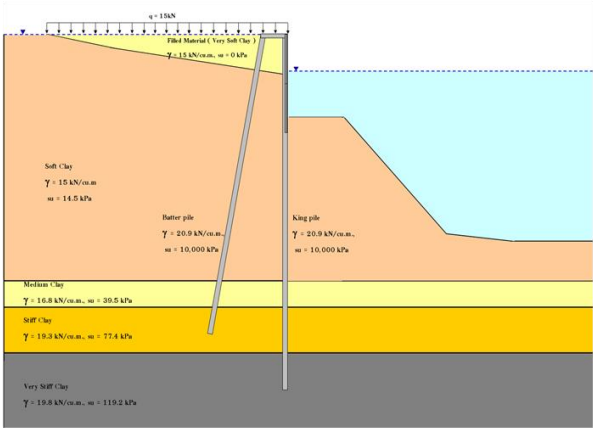
ก.

ข.

รูปที่ 13 การใช้วัสดุมวลเบา ก.) เพื่อลดแรงดันดินด้านข้างที่จะกระทำกับกำแพง ข. การใช้ในงานตลิ่ง (http://www.epsindustry.org/)



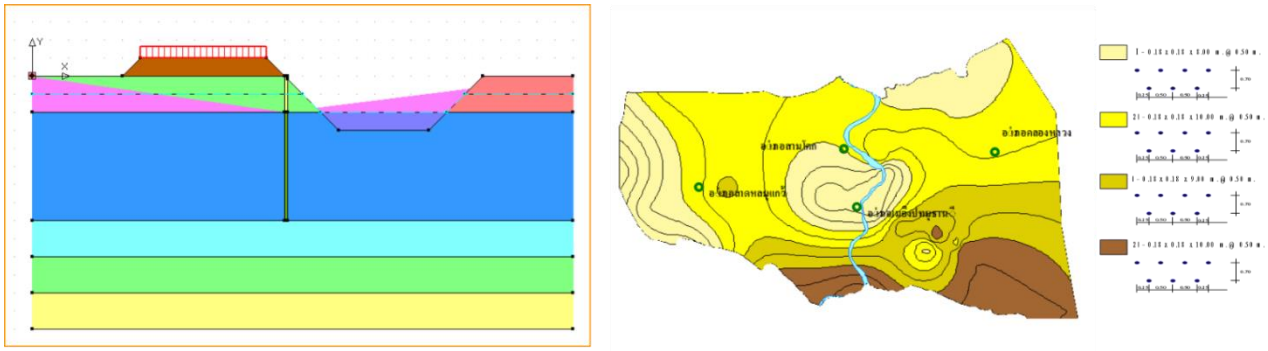
ก.



ข.

รูปที่ 14 การใช้เข็มเอียงรับแรงดึงเพื่อเป็น Anchored wall ก. การเสริมเสาเข็มเอียงเข้ากับโครงสร้างกำแพงเดิม ข. ตัวอย่างกำแพงกันดินริมแม่น้ำเจ้าพระยา

3. <u>การก่อสร้างใหม่</u> ในกรณีที่จะมีการก่อสร้างใหม่ โดยก่อสร้างถนนบนคันดินเดิม หรือขยายออกจากเดิม สามารถใช้เทคนิคที่กล่าวมาข้างต้นได้ อย่างไรก็ตาม จากประสบการณ์และงานวิจัยของผู้เขียน (สุทธิศักดิ์และประเทือง, 2550)พบว่าการใช้เสาเข็มไม้หรือคอนกรีตเพื่อกดหรือตอกสลับฟันปลาลงไปที่ไหล่ทางของถนนเดิม (รูปที่ 15) ก่อนที่จะถมบดอัดถนนด้านบน เป็นเทคนิคที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพ โดยเกือบถนนทุกสายที่ใช้วิธีนี้ไม่มีการพิบัติเกิดขึ้นเลย สาเหตุเนื่องจากเมื่อเราทำการเสริมคันทางเดิม ดินฐานรากจะเกิดการขยายตัวออกด้านข้างจากน้ำหนักกดของวัสดุที่ถมเพิ่มเติม ซึ่งอาจจะไม่มากเมื่อเทียบกับน้ำหนักของเครื่องจักรกลการก่อสร้าง การกองดินก่อนบดอัดหรือรถบรรทุกขนดินระหว่างการก่อสร้าง โดยน้ำหนักเหล่านี้จะทำให้ดินฐานรากเกิดการ Yield ขณะก่อสร้างแต่อาจจะไม่พังในทันที ดังนั้นเมื่อดินฐานรากถูกจำกัดไว้โดยเสาเข็มเหล่านี้การลดกำลังของดินฐานรากเนื่องจากการเกิด Lateral strain จึงมีจำกัด เหมือนถนนถูก confined ไว้ เมื่อเวลาผ่านไปน้ำหนักถนนจะกดดินฐานรากลงในแนวดิ่งให้แข็งแรงขึ้นเองด้วยขบวนการ Consolidation นอกจากนั้นเมื่อเกิดภาวะน้ำลดลงต่ำ เสาเข็มเหล่านี้ก็จะช่วยต้านการไหลของดินฐานรากหรือโครงสร้างถนน Lateral strain ก็จะเกิดจำกัดเช่นเดียวกัน



ก.

ข.

รูปที่ 15 การป้องกันการเสียกำลังของดินจากการเคลื่อนตัวโดยใช้เสาเข็มเสริมแรงด้านข้างไหล่ทาง ก.) รูปแบบการตอกเข็มแบบสลับฟันปลาก่อนการปรับปรุงถนน โดยมีรูปแบบแตกต่างกันตามสภาพชั้นดินใน จ.ปทุมธานี (สุทธิศักดิ์ และประเทือง, 2550) พบว่ามีประสิทธิภาพดีในการป้องกันถนนริมคลองพิบัติ ข.) การใช้เสาเข็มไม้หรือเสาเข็มคอนกรีตเสริมทางด้านข้างไหล่ทาง

ข้อเสนอการแก้ไขเชิงนโยบาย

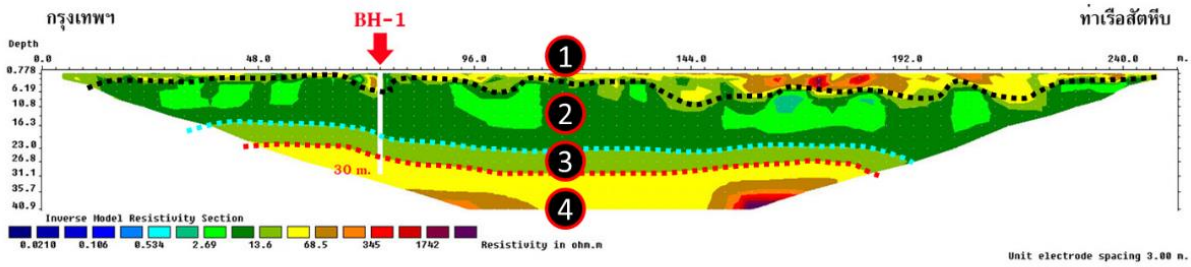
1. **คณะทำงานร่วม** กรมชลประทานและหน่วยงานที่ขอใช้พื้นที่ถนนริมคลองได้แก่ กรมทางหลวงชนบท, หน่วยงานปกครองส่วนท้องถิ่น เป็นต้น ควรตั้งคณะทำงานเพื่อแก้ไขปัญหาทั้งในระยะสั้นและระยะยาว เพราะปัญหานี้จะยังคงมีต่อไปในอนาคต ทั้งนี้ควรหาหน่วยงานที่เป็นกลางเช่นวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยเป็นเจ้าภาพกลางเพื่อสนับสนุนข้อแนะนำทางวิชาการอย่างเป็นกลาง ทั้งนี้เพราะการแก้ปัญหาจำเป็นต้องอาศัยการตัดสินใจจากผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ในมิติเดียว

2. **ยกระดับถนนเพื่อการจราจร** ควรทบทวนระดับความสำคัญของถนนให้สอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริง ทั้งนี้ถนนที่มีการจราจรมากควรยกระดับหรือฐานะของถนนให้สอดคล้อง เพื่อที่จะได้ทำการปรับปรุงทางวิศวกรรมให้เหมาะสมต่อไป การปรับปรุงที่สำคัญคือการปรับปรุงสภาพฐานรากเดิมของถนนให้มีความแข็งแรงมากขึ้น

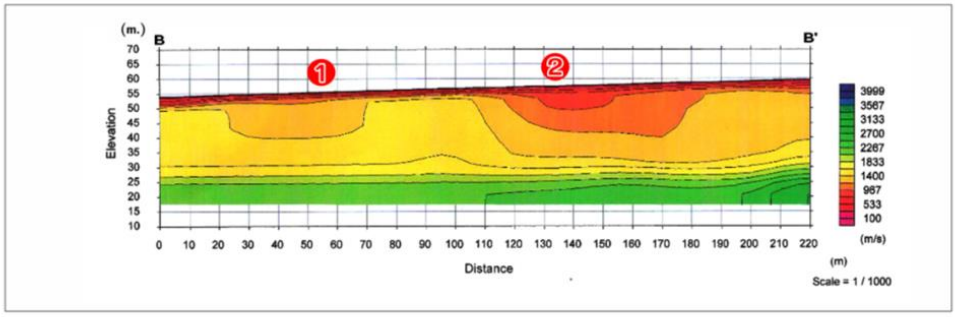
3. **ถนนเพื่อความมั่นคง** ถนนบางสายอาจจะออกแบบให้ใช้ประโยชน์ในการป้องกันน้ำท่วมควบคู่ไปกับการใช้เป็นถนนเพื่อการจราจร ถนนดังกล่าวเหล่านี้ควรจะถูกยกระดับความสำคัญให้มากและควรมีงบประมาณที่เพียงพอในการดำเนินการให้ปลอดภัยในสถานการณ์วิกฤติ

4. **การสำรวจธรณีฟิสิกส์** การสำรวจชั้นดินฐานรากให้มีความครอบคลุมจุดที่เป็นจุดอ่อน มีความสำคัญมากในการก่อสร้างถนนริมคลองในพื้นที่ดินอ่อน อย่างไรก็ตามการเจาะสำรวจอย่างเดียวอาจจะไม่สามารถคลอบคลุมได้ จึงอาจพิจารณาใช้การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ควบคู่ไป การสำรวจที่เป็นไปได้คือการสำรวจ Resistivity survey (รูปที่ 16) ถึงแม้ว่างบประมาณในการสำรวจรวมไปถึงก่อสร้างจะมากขึ้น แต่คุ้มค่ากว่าการเสียงบประมาณในการซ่อมแซมมาก

5. **กำหนดประเภทสัญญางานที่แตกต่างจากการก่อสร้างทั่วไป** ในการก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับงานฐานรากหรืองานดินที่มีโอกาสของความไม่แน่นอน ควรใช้สัญญาเหมาจ่ายที่มีโอกาสให้คิดงานลดงานเพิ่มตามจริง ทั้งนี้เนื่องจากงานก่อสร้างถนนหรือกำแพงกันดินที่มีลักษณะยาวต่อเนื่อง ซึ่งมีโอกาสที่การสำรวจจะพลาดจุดที่อ่อนผิดปกติ ดังนั้นหากสัญญาเป็นลักษณะเหมาจ่ายโดยไม่มีงานลดหรือง่ายเพิ่มให้ ก็มีโอกาสที่บริเวณที่อ่อนผิดปกติจะไม่ได้รับการปรับแบบ และจะมีโอกาสในการพิบัติได้ในเวลาต่อมา กรณีเช่นนี้เกิดขึ้นมากในงานฐานรากทั่วไป และในสุดท้าย เจ้าของงานเองจะต้องเป็นผู้ที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมหรือเสียชื่อเสียง



ก.



Seismic Refraction Profile

Maemao-Chiangmai (GERD, 2006)

ข.

รูปที่ 16 การสำรวจชั้นดินโดยวิธรธรณีฟิสิกส์ เพื่อค้นหาพื้นที่ที่มีชั้นดินอ่อนหรือหนาผิดปกติ ก. ตัวอย่างผลการสำรวจโดยวิธี Resistivity survey ข. ตัวอย่างผลการสำรวจโดยวิธี Seismic refraction