การศึกษาติดตามคันทางดินมวลเบา Air Foam Mixed Stabilized Soil หลังเปิดใช้งานนานกว่า 12 ปี

Investigation of air foam mixed stabilized soil embankment after 12 years of service

ธิติพัทธ์ รู้หลัก[1,*] อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์[2] อรรถสิทธิ์ สวัสดิ์พานิช[3] และ เศกชัย อนุเวชศิริเกียรติ[4]

[1-4] สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

**Corresponding author; E-mail address: thiti.ru@doh.go.th*

บทคัดย่อ

จากปัญหาการทรุดตัวต่างระดับบริเวณส่วนต่อระหว่างคันทางถนนกับโครงสร้างสะพานทางหลวง (Transition Zone) อันเนื่องมาจากการขาดเสถียรภาพและการทรุดตัวในระยะยาวของสิ่งก่อสร้างในเขตพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ซึ่งเป็นบริเวณที่ประกอบไปด้วยดินเหนียวอ่อนที่มีปริมาณน้ำในดินสูง ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยและความสะดวกสบายของผู้ใช้ทางหลวงเป็นอย่างมาก กรมทางหลวงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงได้ทำข้อตกลงความร่วมมือกับสถาบันวิจัยโยธาธิการของประเทศญี่ปุ่น (Public Work Research Institute, PWRI) ในการศึกษางานก่อสร้างถนนบนดินอ่อนด้วยเทคโนโลยีการก่อสร้างคันทางดินมวลเบาและจัดทำแปลงทดลองคันทางดินมวลเบาโดยวิธีการผสมฟองอากาศในดิน (Air-foam Mixed Stabilized Soil หรือ AMS) บนทางหลวงหมายเลข 35 (พระราม 2) ช่วง กม. 72+712.5 ถึง กม. 72+845 (ขาเข้า) ฝั่งขวาทาง จังหวัดสมุทรสงคราม โดยมีสถาบัน PWRI ให้การสนับสนุนเครื่องผสมดินมวลเบาและผู้เชี่ยวชาญจากประเทศญี่ปุ่น ในการควบคุมและกำกับดูแลงานก่อสร้างร่วมกับสำนักสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรายงานผลการติดตามประสิทธิผลและผลการตรวจวัดค่าการทรุดตัวตั้งแต่เปิดใช้งานมานานกว่า 12 ปี โดยพิจารณาจากประวัติการบำรุงสายทาง ปริมาณการจราจร ระดับน้ำใต้ดิน ค่าการทรุดตัวช่วงบริเวณคอสะพาน และผลการเจาะเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณสมบัติของดินมวลเบา AMS จากผลการติดตามตรวจวัดในสนามและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่า คอสะพานฝั่งที่ใช้คันทางดินมวลเบามีค่าการทรุดตัวลดลงกว่าร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับค่าการทรุดตัวของคันทางถมปกติ นอกจากนี้ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการแสดงว่า ตัวอย่างวัสดุ AMS ยังมีสภาพใช้งานที่ดีแม้ในสภาวะท่วมขังของระดับน้ำใต้ดินสูง ตัวอย่างมีความแข็งแรง และทนทานตามข้อกำหนดการออกแบบ

คำสำคัญ: เทคนิคการปรับปรุงดินฐานราก, คันทาง, ดินอ่อน, ดินมวลเบาโดยวิธีการผสมฟองอากาศในดิน

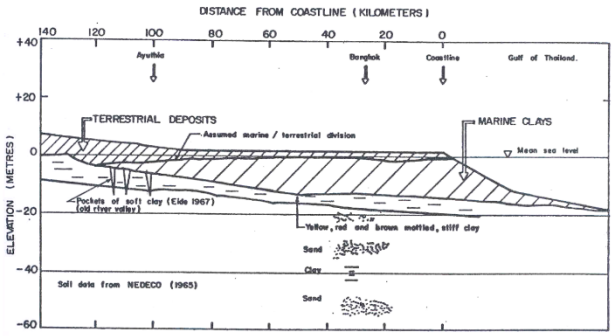
Abstract

Large differential settlement between highway embankment and bridge structure causes problem in the lower Chao Phraya river basin because of the presence of highly compressible soft clay layer in these areas. Furthermore, it also affects to the comfort of road user. Therefore, the Bureau of Road Research and Development, Department of highways (DOH), cooperated with the Public Work Research Institute (PWRI) of Japan to implement the soft ground improvement technique using Air Foam Mixed Stabilized Soil (AMS). The PWRI provided the technical supports of this technology. A full-scale test section was constructed on the highway No.35 (Rama II) at the kilometer post of 72+712.5 to 72+845 RT (Inbound) in Samut Songkhram province. The objective of this paper is to present the effectiveness of AMS embankment after 12 years of service. Considering factors included road inventory, traffic information, groundwater level, surface elevation, and laboratory test of field cored AMS samples. Results indicated that the AMS embankment section exhibited less settlement (~50 percent) comparing to the conventional fill embankment. In addition, the laboratory results also suggested that the AMS samples remained in a good condition although they were inundated due to the high groundwater table. The long-term strength and durability also met the design specifications.

Keywords: ground improvement technique, road embankment, soft ground, air-foam mixed stabilized soil

1. บทนำ

โครงข่ายทางหลวงที่มีการก่อสร้างอยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยามักประสบปัญหา เนื่องจากตั้งอยู่บนพื้นที่บริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ซึ่งเป็นดินตะกอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ เป็นดินตะกอนที่มีบริเวณกว้างและลึกมาก ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของ 14 จังหวัด (กรุงเทพฯ พระนครศรีอยุธยา นครนายก ปราจีนบุรี สุพรรณบุรี นนทบุรี ปทุมธานี ฉะเชิงเทรา ราชบุรี นครปฐม สมุทรสาคร สมุทรสงคราม สมุทรปราการ และชลบุรี รวมพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 14,000 ตารางกิโลเมตร สันนิษฐานว่ามีลักษณะเป็นแอ่งรูปกรวยคว่ำซึกดังรูปที่ 1 จะพบว่าชั้นดินเหนียวอ่อน Marine Clay อยู่ในระดับใกล้เคียงกับ Mean Sea Level (MSL) ลงมาจนถึงระดับความลึกประมาณ 20 เมตร [1]



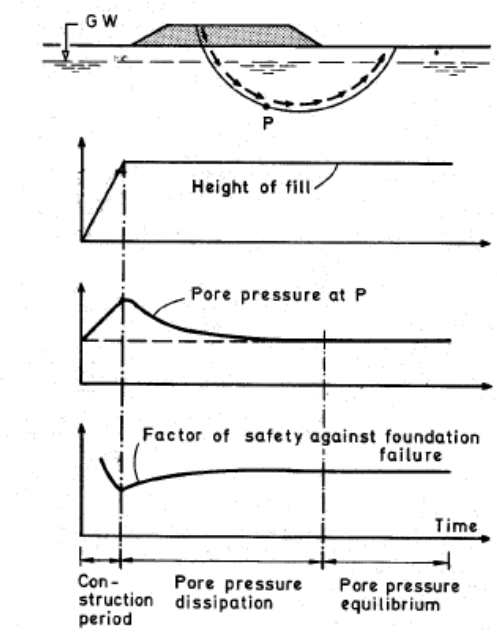
รูปที่ 1 รูปตัดของชั้นดินตามสันดอนของแนวแม่น้ำเจ้าพระยา [1]

ชั้นดินเหนียวอ่อนในพื้นที่ดังที่กล่าวมาแล้ว โดยทั่วไปมีความเป็นพลาสติกสูงมาก มีค่าหน่วยน้ำหนักของดินน้อย มีปริมาณความชื้นในดินและการยุบอัดตัวสูง จึงเป็นดินที่มีความแข็งแรงต่ำ ถนนของกรมทางหลวงในพื้นที่ดังกล่าวจึงได้รับผลกระทบจากปัญหาการทรุดตัว โดยเฉพาะปัญหาการทรุดตัวต่างระดับบริเวณส่วนต่อระหว่างคันทางถนนกับโครงสร้างสะพานทางหลวง (Transition Zone)

เมื่อย้อนกลับไปเมื่อสิบกว่าปีก่อน เทคนิคการแก้ไขปัญหาด้านเสถียรภาพและการทรุดตัวด้วยวัสดุที่มีน้ำหนักเบาเพื่อทดแทนวัสดุดินถมคันทางยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักในประเทศไทย คันทางดินมวลเบาเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดน้ำหนักรวมของคันทางที่กระทำต่อดินฐานราก เมื่อน้ำหนักที่กระทำลดลง คันทางมีเสถียรภาพดีขึ้น และช่วยลดการทรุดตัวเนื่องจากน้ำหนักของคันทางเอง บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อรายงานผลการติดตามประสิทธิผลและผลการตรวจวัดค่าการทรุดตัวตั้งแต่เปิดใช้งานมานานกว่า 12 ปี โดยพิจารณาจากประวัติการบำรุงสายทาง ปริมาณการจราจร ระดับน้ำใต้ดิน ค่าการทรุดตัวช่วงบริเวณคอสะพาน และผลการเจาะเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณสมบัติของดินมวลเบา AMS

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

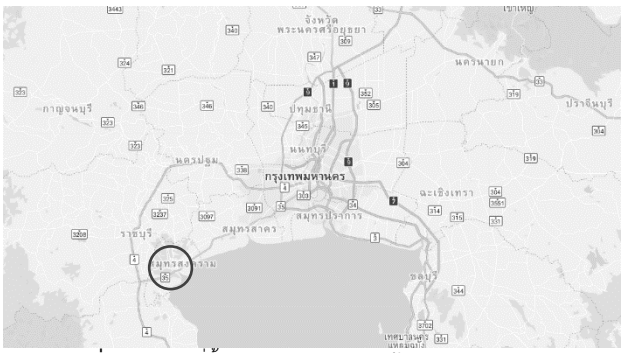
การก่อสร้างคันทางบนฐานรากดินเหนียวอ่อนที่อิ่มตัวด้วยน้ำ โดยทั่วไปมักพบว่า แรงดันน้ำในดินจะมีค่ามากที่สุดเมื่องานก่อสร้างแล้วเสร็จ และจะค่อยๆ ลดลงจนถึงจุดสมดุลเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น เนื่องจากดินเหนียวมีค่าความซึมน้ำต่ำมากจึงทำให้การระบายน้ำออกจากมวลดินเป็นไปได้ช้า ด้วยเหตุนี้กำลังรับแรงเฉือนที่ใช้ในการวิเคราะห์คันทางที่ก่อสร้างบนดินเหนียวจึงเป็นกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrain Shear Strength) เมื่อเริ่มมีการระบายน้ำออกจากมวลดิน ดินฐานรากจะเริ่มเกิดการทรุดตัว ขณะเดียวกันค่ากำลังรับแรงเฉือนก็จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งสอดคล้องกับค่าอัตราส่วนความปลอดภัย ที่มีค่าน้อยที่สุดเมื่องานก่อสร้างแล้วเสร็จ และเพิ่มมากขึ้นหลังจากเวลาผ่านไป [2] แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของค่าหน่วยแรงเฉือน แรงดันน้ำ และอัตราส่วนความปลอดภัยเมื่อมีการก่อสร้างบนคันทางบนดินเหนียวอ่อน [2]

3. วิธีการศึกษา

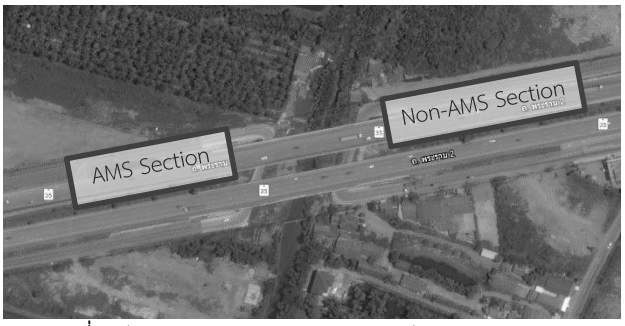
กรมทางหลวงได้ก่อสร้างแปลงทดลองคันทางดินมวลเบาบนทางหลวงหมายเลข 35 (พระราม 2) เนื่องจากสายทางดังกล่าวอยู่ในระหว่างการก่อสร้างเพื่อขยายช่องจราจร และตั้งอยู่บนพื้นที่ดินเหนียวอ่อน มีตำแหน่งของโครงการแสดงดังวงกลมในรูปที่ 3 ระหว่าง กม. 72+712.5 ถึง กม. 72+845 ช่วงบริเวณคอสะพาน ฝั่งขวาทาง (ขาเข้า) จังหวัดสมุทรสงคราม



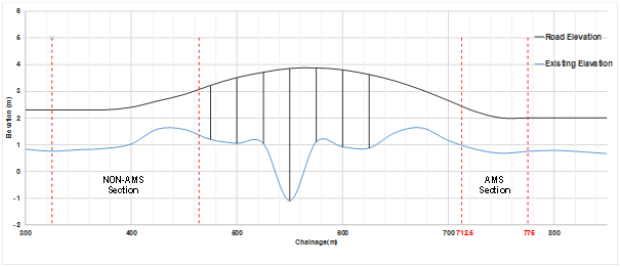
รูปที่ 3 ตำแหน่งที่ตั้งของแปลงทดลองก่อสร้างคันทางดินมวลเบา

3.1 ที่ตั้งโครงการ

แปลงทดลองตั้งอยู่บนพิกัด“13.356822, 99.934528” ลักษณะทางกายภาพของทางหลวงในปัจจุบันเป็น 6 ช่องจราจร และทางคู่ขนาน 2 ช่องจราจร สภาพแวดล้อมของแปลงทดลองช่วงบริเวณคอสะพานแสดงดังรูปที่ 4 และแปลงทดลองมีค่าระดับตามแนวเส้นทางแสดงดังรูปที่ 5 โดยค่าระดับที่ปรากฏเป็นค่าระดับเทียบกับค่าระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level)



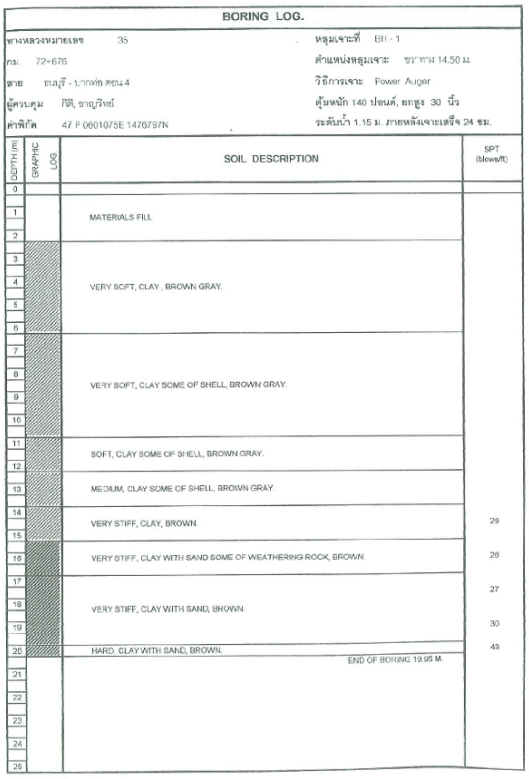
รูปที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของแปลงทดลองช่วงบริเวณคอสะพาน



รูปที่ 5 ค่าระดับตามแนวเส้นทาง (Profile Grade) ของแปลงทดลองช่วงบริเวณคอสะพาน

3.2 ลักษณะชั้นดินในบริเวณแปลงทดลอง

จากผลการเจาะสำรวจชั้นดิน แสดงดังรูปที่ 6 พบว่าลักษณะชั้นดินในบริเวณแปลงทดลอง มีความสอดคล้องและเป็นไปตามลักษณะของชั้นดินในเขตพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างดังที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น โดยพบว่ามีชั้นดินเหนียวอ่อนอยู่ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 2 – 12 เมตร



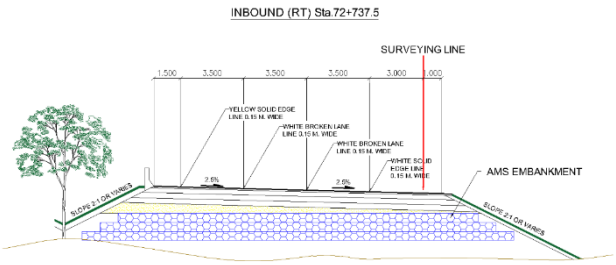
รูปที่ 6 ผลการเจาะสำรวจชั้นดินในบริเวณแปลงทดลอง

ตัวอย่างดินเหนียวที่ได้จากการเจาะเก็บที่ระดับความลึกประมาณ 2 เมตรพบว่า มีลักษณะเป็นดินเหนียวอ่อนสีเทา และเมื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการ พบว่ามีค่าหน่วยน้ำหนักรวม (Total Unit Weight) 1.56 ตันต่อลูกบาศก์เมตร มีปริมาณความชื้น (Moisture Content) ในดินร้อยละ 82.1 มีขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit) ร้อยละ 41.4 และมีขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit) ร้อยละ 96.0 มีลักษณะตัวอย่างดินที่จัดเก็บดังรูปที่ 7

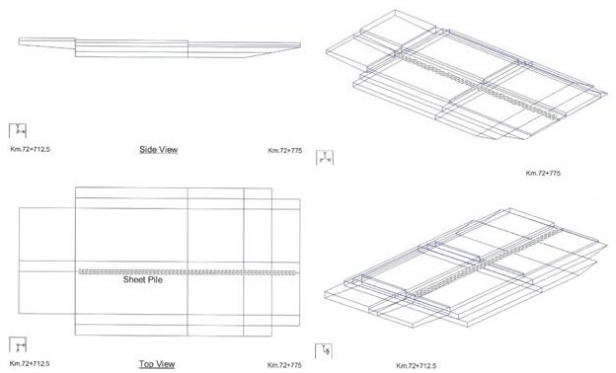
รูปที่ 7 ตัวอย่างดินเหนียวในบริเวณแปลงทดลอง

3.3 รูปแบบการก่อสร้างและคุณสมบัติของคันทางดินมวลเบา

แปลงทดลองคันทางดินมวลเบาประกอบไปด้วยชั้นดินผสมฟองอากาศ Air Foam Mixed Stabilized Soil (AMS) จำนวน 3 ชั้น แต่ละชั้นมีความหนา 0.5 เมตร รวมทั้งสิ้น 1.5 เมตร มีความกว้างของชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง เท่ากับ 20, 22 และ 24 เมตรตามลำดับ [3] ใช้ปริมาณดินผสมฟองอากาศในการก่อสร้างทั้งหมดประมาณ 1,600 ลูกบาศก์เมตร แบบรูปตัดของคันทางดินมวลเบาบริเวณกม. 72+737.5 และภาพจำลองสามมิติของคันทางดินมวลเบา แสดงดังรูปที่ 8 และ 9 ตามลำดับ



รูปที่ 8 แบบรูปตัดของคันทางดินมวลเบาบริเวณกม.72+737.5



รูปที่ 9 ภาพจำลอง 3 มิติของคันทางดินมวลเบา

แปลงทดลองคันทางดินมวลเบา มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

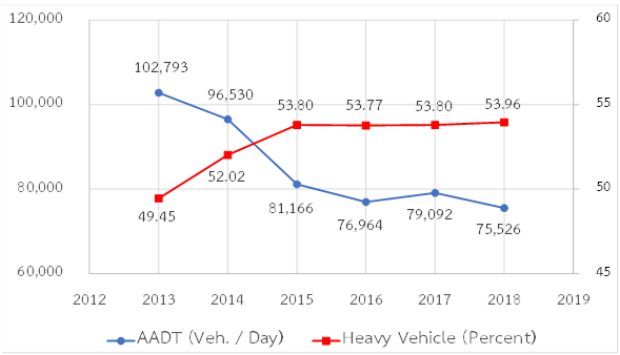
1) หน่วยน้ำหนักของดินมวลเบาเท่ากับ 1 ตันต่อลูกบาศก์เมตร
2) ค่ากำลังอัดในทิศทางเดียวที่อายุ 28 วันต้องไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของค่าที่ออกแบบหรือเท่ากับ 6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
3) ค่า CBR ของคันทางดินมวลเบาไม่น้อยกว่า 10% หรือเทียบเท่ากำลังรับแรงอัดในทิศทางเดียว 4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
4) ความสามารถในการไหล (Slump) มีค่าอยู่ระหว่าง 180 ถึง 200 มิลลิเมตร

งานก่อสร้างคันทางดินมวลเบา มีลำดับขั้นตอนการทำงานคล้ายคลึงกับงานคอนกรีตโดยทั่วไป เริ่มต้นด้วยการผสมน้ำโคลน (Slurry Mixing) กับซีเมนต์ ในขั้นตอนถัดมาจะถูกนำมาผสมกับสารโฟมตั้งต้น หลังจากผสมให้เข้ากันแล้ว จะลำเลียงส่วนผสมดินมวลเบาสู่บริเวณที่ต้องการด้วยลูกสูบผ่านท่อลำเลียง (Pump) การก่อสร้างคันทางดินมวลเบาในบริเวณแปลงทดลองแสดงดังรูปที่ 10

รูปที่ 10 การก่อสร้างคันทางดินมวลเบาในบริเวณแปลงทดลอง

3.4 ปริมาณการจราจร

จากฐานข้อมูลของสำนักอำนวยความปลอดภัย พบว่าทางหลวงหมายเลข 35 ตอนควบคุมที่ 0301 มีอัตราส่วนรถบรรทุกหนักใช้เส้นทางดังกล่าวมากกว่าร้อยละ 50 และมีปริมาณการจราจรเฉลี่ยรายวันตลอดปี (Average Annual Daily Traffic, AADT) ตั้งแต่ปี พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ.2561 ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ปริมาณการจราจรและสัดส่วนรถบรรทุกบนทางหลวงหมายเลข 35

3.5 ประวัติการบำรุงรักษาสายทาง

ทางหลวงหมายเลข 35 มีการขยายช่องจราจรเป็น 6 ช่องจราจรและเริ่มก่อสร้างแปลงทดลองคันทางดินมวลเบาในปี พ.ศ.2551 มีงานบำรุงปะซ่อมผิวทางในปี พ.ศ.2553 มีการก่อสร้างทางขนานในปี พ.ศ.2556 และได้ดำเนินการเสริมผิวทาง (Pavement Overlay) ความหนา 5 เซนติเมตร ในปี พ.ศ.2560

3.6 การเก็บค่าระดับของแปลงทดลอง

สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง ได้ทำการติดตามและสำรวจค่าระดับของแปลงทดลองคันทางดินมวลเบา รายละเอียดการสำรวจสรุปไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดการติดตามและสำรวจค่าการทรุดตัวของแปลงทดลองคันทางดินมวลเบา

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7
ช่วงเวลา	มิถุนายน 2551	กรกฎาคม 2551	ธันวาคม 2551	มีนาคม 2552	กันยายน 2552	มิถุนายน 2554	มีนาคม 2562

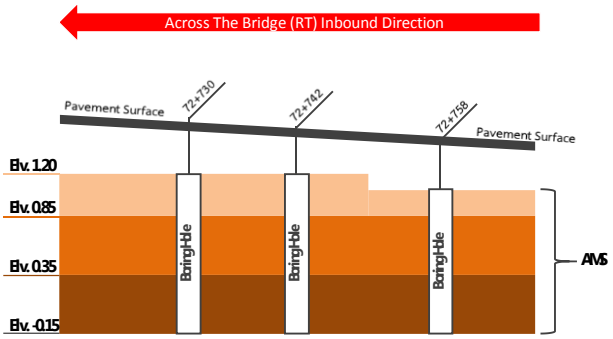
การเก็บค่าระดับของแปลงทดลองดำเนินการโดยใช้กล้องระดับถ่ายระดับจากหมุดอ้างอิงบนโครงสร้างสะพาน จากนั้นหาค่าระดับของผิวทางที่ตำแหน่งต่างๆ รูปที่ 12 แสดงภาพขณะดำเนินการเก็บค่าระดับ

รูปที่ 12 การเก็บค่าระดับของแปลงทดลอง

3.7 การเจาะสำรวจ

การเจาะสำรวจเก็บตัวอย่างวัสดุ AMS มีวัตถุประสงค์เพื่อนำก้อนตัวอย่างมาทดสอบหาคุณสมบัติต่างๆ ภาพขณะทำการเจาะสำรวจและรายละเอียดตำแหน่งหลุมเจาะแสดงดังรูปที่ 13 และ 14 ตามลำดับ ขนาดก้อนตัวอย่างที่เก็บสำรวจจำนวน 19 ตัวอย่าง มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 และ 10 เซนติเมตร ก้อนตัวอย่างแต่ละก้อนมีอัตราส่วนความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (H/D) ตั้งแต่ 1.39 ถึง 2.07 เซนติเมตร

รูปที่ 13 การเจาะเก็บตัวอย่างวัสดุ AMS



รูปที่ 14 ตำแหน่งหลุมเจาะเก็บตัวอย่างวัสดุ AMS

3.8 การทดสอบตัวอย่าง

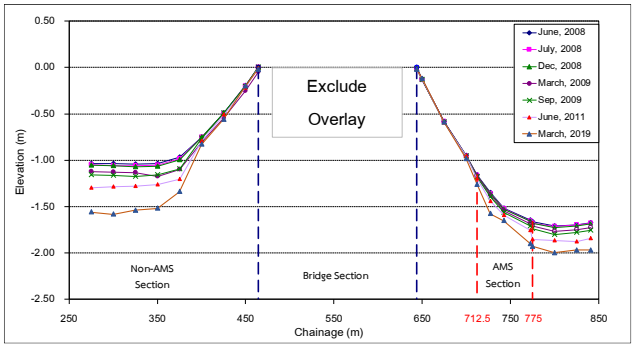
ตัวอย่างวัสดุ AMS ที่เก็บได้จะนำไปทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ ค่าความชื้น (Moisture Content) ค่ากำลังรับแรงอัด (Unconfined Compressive Strength, UCS) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ก่อนการทดสอบค่า UCS ก้อนตัวอย่างถูกนำมาตัดแต่งโดยวิธีการใช้เลื่อยมือ แสดงดังรูปที่ 15 เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับก้อนตัวอย่างจากการใช้เครื่องตัด เนื่องจากการใช้เครื่องตัดต้องมีน้ำเลี้ยงเพื่อลดความร้อน ทำให้สภาพผิวของตัวอย่างภายหลังการตัดแต่งมีลักษณะเปื่อยยุ่ย

รูปที่ 15 การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดทิศทางเดียว

4. ผลการดำเนินการ

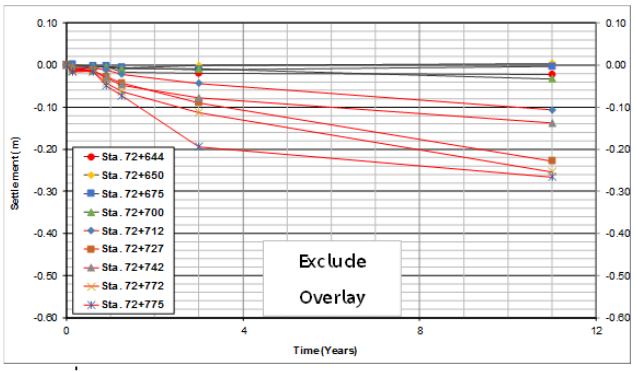
4.1 ผลการสำรวจค่าระดับ

ผลการสำรวจค่าระดับของแปลงทดลองคันทางดินมวลเบา ตรวจวัดห่างจากไหล่ทางด้านซ้ายประมาณ 1 เมตร เก็บข้อมูลทุกระยะเฉลี่ย 25 เมตร โดยไม่พิจารณาความหนาจากการเสริมผิวทาง (Pavement Overlay) แสดงดังรูปที่ 16 ทั้งนี้การตรวจสอบค่าระดับจะอ้างอิงจากหมุดระดับบนคอสะพาน (Bridge Abutment) ซึ่งตั้งอยู่บนฐานรากที่มีเสาเข็มรองรับ มีการทรุดตัวน้อยมาก จึงกำหนดให้ค่าระดับอ้างอิงเท่ากับ 0.00 เมตร



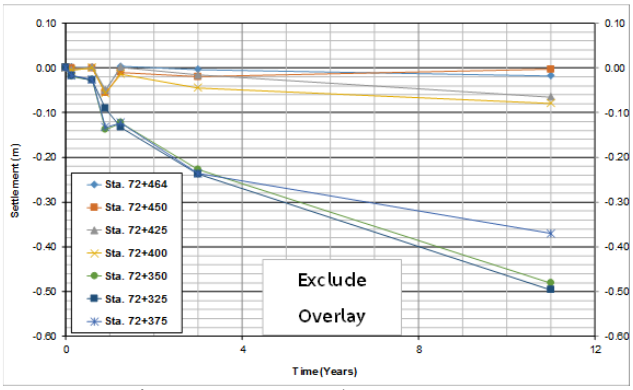
รูปที่ 16 ค่าระดับของแปลงทดลองคันทางดินมวลเบา

ผลการสำรวจค่าระดับ (หักความหนาของการเสริมผิวทาง) นำมาคำนวณปริมาณการทรุดตัวตามระยะเวลาพบว่า ปริมาณการทรุดตัวสูงสุดของแปลงทดลองคันทางดินมวลเบา วัดได้ประมาณ 0.26 เมตร ที่กม. 72+775 ซึ่งห่างจากคอสะพาน (กม. 72+644) เป็นระยะ 131 เมตร ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 ปริมาณการทรุดตัวตามระยะเวลาของแปลงคันทางดินมวลเบา

ในขณะที่ปริมาณการทรุดตัวสูงสุดของคันทางถมตามมาตรฐานกรมทางหลวง วัดได้ประมาณ 0.50 เมตร ที่กม. 72+325 ซึ่งห่างจากคอสะพาน (กม. 72+464) เป็นระยะ139 เมตร ดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 ค่าการทรุดตัวสูงสุดเมื่อเทียบกับเวลาบริเวณคันทางถมตามมาตรฐานกรมทางหลวง

4.2 ผลการทดสอบก้อนตัวอย่าง

4.2.1 ความชื้น

จากผลการทดสอบหาค่าความชื้นของก้อนตัวอย่างวัสดุ AMS โดยการเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จำนวนทั้งสิ้น 9 ตัวอย่าง (รูปที่ 19) พบว่า มีค่าความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 32.4 ถึง 59.5 ค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 50.1

รูปที่ 19 การทดสอบค่าความชื้นของก้อนตัวอย่างวัสดุ AMS

4.2.2 กำลังรับแรงอัดในทิศทางเดียว

จากผลการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดในทิศทางเดียว (UCS) ของตัวอย่างวัสดุ AMS จำนวนทั้งสิ้น 11 ตัวอย่าง (รูปที่ 20) ก้อนตัวอย่างทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงเท่ากับ 7.5 และ 15.0 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยภายหลังจากคูณค่าปรับแก้ตาม TIS409-2525 แล้วพบว่า มีค่า UCS อยู่ระหว่าง 3.14 ถึง 10.11 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีค่า UCS เฉลี่ย 6.98 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ksc)

รูปที่ 20 การทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดในทิศทางเดียวของก้อนตัวอย่างวัสดุ AMS

4.2.3 การทดสอบความเป็นกรด-ด่าง

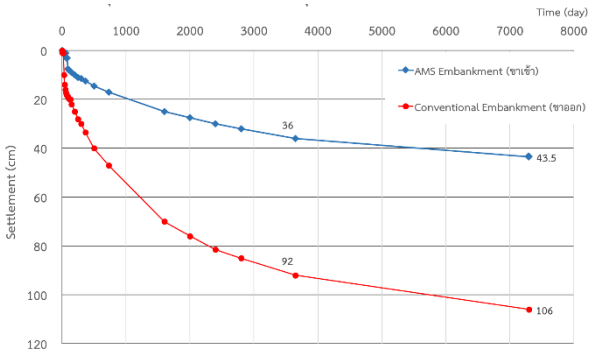
จากผลการสอบหาค่าความเป็นกรด-ด่างของก้อนตัวอย่างวัสดุ AMS จำนวนทั้งสิ้น 8 ตัวอย่าง พบว่า ก้อนตัวอย่างทุกก้อนมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12

4.2.4 ระดับน้ำใต้ดิน

ภายหลังการเจาะเก็บตัวอย่างทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการวัดค่าระดับน้ำใต้ดิน พบระดับน้ำใต้ดินที่ความลึกจากผิวทางประมาณ 1.00 เมตร หรือเท่ากับความสูงของระดับหลังคันทางดินมวลเบา (วัดจากระดับผิวทางถึงระดับหลังคันทางดินมวลเบา)

4.3 ผลการเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากผลการเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Numerical Model) [4] พบว่า ปริมาณการทรุดตัวของคันทางดินมวลเบาและปริมาณการทรุดตัวของคันทางถมตามมาตรฐานกรมทางหลวง หลังเปิดใช้งานเป็นระยะเวลา 10 ปี ประมาณ 0.36 และ 0.92 เมตร ตามลำดับ หรือมีค่าแตกต่างกันประมาณร้อยละ 60 ดังรูปที่ 21 รายละเอียดการวิเคราะห์พฤติกรรมของคันทางและทำนายค่าการทรุดตัวสรุปในรายงานการศึกษา [4]



รูปที่ 21 เปรียบเทียบปริมาณการทรุดตัวจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระหว่างคันทางดินมวลเบากับคันทางถมตามมาตรฐานกรมทางหลวง [4]

5. สรุป

จากการติดตามผลการก่อสร้างแปลงทดลองคันทางดินมวลเบาบนทางหลวงหมายเลข 35 (พระราม 2) ระหว่าง กม. 72+712.5 ถึง กม. 72+845 ช่วงบริเวณคอสะพาน (ขาเข้า) จังหวัดสมุทรสงคราม สามารถสรุปได้ดังนี้

- ปริมาณการทรุดตัวของคอสะพานฝั่งที่มีการก่อสร้างคันทางดินมวลเบาประมาณ 0.26 เมตร ในขณะที่ปริมาณการทรุดตัวของคันทางถมตามมาตรฐานกรมทางหลวงประมาณ 0.50 เมตร แสดงว่าคันทางดินมวลเบาเมื่อแทนที่คันทางถมตามมาตราฐานกรมทางหลวงสามารถลดการทรุดตัวได้กว่าร้อยละ 50 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการทรุดตัวจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นคันทางมวลเบาจึงช่วยลดภาระงานและงบประมาณซ่อมบำรุงช่วงบริเวณคอสะพานได้

- ผลการทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างวัสดุ AMS ผ่านการใช้งานนานกว่า 12 ปี แสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างวัสดุ AMS มีสภาพใช้งานที่ดีแม้ในสภาวะท่วมขังของระดับน้ำใต้ดินสูง (ระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าผิวทางประมาณ 1.0 เมตร หรือที่ระดับหลังคันทางดินมวลเบา) ตัวอย่างมีความแข็งแรง และทนทานตามข้อกำหนดการออกแบบ

- ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างเฉพาะในขั้นตอนการก่อสร้างดินมวลเบาใช้เวลาทั้งสิ้น 18 วัน มีการเบี่ยงการจราจรเพื่อทำงานเป็น 2 ช่วง (ไม่นับ

ระยะเวลาในการเตรียมการ) แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการทำงานค่อนข้างใกล้เคียงกับการก่อสร้างคันทางดินถมปกติ

- วิธีการดำเนินงานผสมวัสดุ AMS จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ผสมและหรือโรงผสม (Plant) หน้างาน ซึ่งเป็นเทคนิควิทยาการเฉพาะทาง ทำให้ต้นทุนการก่อสร้างสูงกว่างานก่อสร้างคันทางถมปกติ แต่อย่างไรก็ดี ปัจจุบันมีวัสดุมวลเบาสำเร็จรูปหลายประเภทที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างคันทางมากขึ้น ซึ่งให้ผลลัพธ์ในหลายมิติต่างกัน อาทิ มิติด้านเวลา มิติด้านวิศวกรรม มิติด้านสิ่งแวดล้อม มิติด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น ดังนั้นการเลือกใช้เทคนิคดังกล่าวในการแก้ปัญหาการทรุดตัวบริเวณคอสะพานหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ อย่างละเอียดและครอบคลุมทุกมิติ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ที่ให้ความสนับสนุนเจ้าหน้าที่และเครื่องมือในการเจาะเก็บและทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างวัสดุ AMS และขอขอบคุณแขวงทางหลวงสมุทรสงครามในการอำนวยความปลอดภัยขณะระหว่างการปฏิบัติงาน

เอกสารอ้างอิง

[1] Cox, J.B. (1968). A Review of the Engineer Characteristics of the Recent Marine Clays in Southeast Asia. Research Report No.6, Asian Institute of Technology, Thailand

[2] Bishop, A.W. and Bjerrum, L. (1960). The Relevance of the Triaxial. Test to the Solution of Stability Problem. *Norwegian Geotechnical Institute*, 34, pp. 22-27.

[3] รายงานการก่อสร้างคันดินมวลเบา (2551). บริษัท ไทยนิชิมัตสุก่อสร้าง จำกัด, หน้า 12-15.

[4] รายงานการวิเคราะห์พฤติกรรมของคันทางและทำนายค่าการทรุดตัว (2550). บริษัท ไทยนิชิมัตสุก่อสร้าง จำกัด, หน้า 9-15.