

**การตรวจสอบสภาพความมั่นคงของลาดดินภายในบริเวณ
โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช ณ ที่ตั้งอำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี**
**Assessment of the Stability of Slope in Navamindakasatriyadhiraj Royal Air Force
Academy at Muak lek District, Saraburi Province**

¹พินิต รัตนปรมากุล ²กิตติศักดิ์ ยอดทอง ³ธีระภัทร ชนะสิทธิ์

¹ภาควิศวกรรมโยธา กองวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและโยธา

โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช กรุงเทพฯ 10220

^{2,3}โรงเรียนการบิน กำแพงแสน นครปฐม

¹pinitrutt@gmail.com, ²kittisak.yodthong@hotmail.com, ³teeraphat_chanasit@hotmail.com

บทคัดย่อ

การสร้างโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช ณ อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี ได้กำหนดให้มีการสร้างลาดดินเพื่อปรับพื้นที่รองรับสิ่งปลูกสร้างในหลายตำแหน่ง ซึ่งหากเกิดการวิบัติของลาดดินจะส่งผลกระทบอย่างมากต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้อาคารสิ่งปลูกสร้างในบริเวณนั้น งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ การสำรวจปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดการวิบัติของลาดดิน รวมทั้งตรวจสอบสภาพความมั่นคงของลาดดินในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างนั้น เพื่อเสนอแนวทางป้องกันการวิบัติของลาดดินต่อไป โดยเลือกใช้ลาดดินบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ก่อสร้างอาคาร กรมนักเรียนนายเรืออากาศรักษาพระองค์ ฯ เป็นลาดดินตัวอย่างในการวิเคราะห์ และนำตัวอย่างดินจากพื้นที่ก่อสร้างมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาข้อมูลคุณสมบัติของดิน จากนั้นจึงนำมาใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินด้วยวิธีแบ่งออกเป็นชั้นบาง ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยบนระนาบวิบัติของลาดดินมีค่าเท่ากับ 4.1 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำคือ 1.2 ดังนั้นจึงถือได้ว่าลาดดินตัวอย่างมีเสถียรภาพเมื่อพิจารณาเฉพาะผลของน้ำหนักดินถมในสภาพปกติ

คำสำคัญ : ความมั่นคงลาดดิน, วิธีแบ่งลาดดินเป็นชั้นบาง

ABSTRACT

During the construction of Navamindakasatriyadhiraj Royal Air Force Academy at Muak lek District, Saraburi Province, a number of slopes were built in order to adjust the grade of construction site. The failure of the slopes may cause severe damage to the properties and people who are using the buildings. This research aims to investigate the possible factors that can be a cause of failure of the slopes and to analyze the slope stability in this area. The prevention techniques for the slope failure were also proposed in this research. The slope close to the Air Cadet King's Guard Regiment Headquarters was selected and used in the evaluation. The soil samples

obtained from the construction site were tested to determine their properties which used in the process of slope stability analysis. The method of slides was used in the analysis and the results showed that the factor of safety (FS) on the critical plan of the slope was 4.1 which is higher than the minimum requirement of FS of 1.2. Therefore, it can be concluded that the slope is stable under the condition that only soil weight was considered.

Keywords: Slope Stability, Method of Slides

1. บทนำ

การศึกษาสภาพความมั่นคงของลาดดินเพื่อป้องกันการวิบัติที่อาจเกิดขึ้น มีความสำคัญอย่างมากต่อทางด้านวิศวกรรมโยธา เนื่องจากความเสียหายที่เกิดจากการวิบัติของลาดดิน จะส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้อยู่อาศัยในบริเวณดังกล่าว รวมทั้งทำให้สูญเสียงบประมาณจำนวนมาก ในการดำเนินการแก้ไขการวิบัติของลาดดินนั้นอาจเกิดได้จากหลายปัจจัย เช่น สภาพของชั้นดินที่รองรับลาดดิน การกัดเซาะตามธรรมชาติ การซึมผ่านชั้นดินของน้ำฝนซึ่งทำให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลง การเกิดแผ่นดินไหว หรือการพังทลายเนื่องจากน้ำหนักของดินถมเองและน้ำหนักจากโครงสร้างอาคาร [4][5][7]

การก่อสร้างโรงเรียนนายเรืออากาศ นวมินทราชดิยาธิราช ณ ที่ตั้งอำเภอมหากุศล จังหวัดสระบุรี ได้กำหนดให้มีการสร้างลาดดินเพื่อปรับพื้นที่สำหรับรองรับอาคารและสิ่งปลูกสร้างในหลายตำแหน่ง การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจปัจจัยเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดการวิบัติของลาดดิน รวมทั้งตรวจสอบสภาพความมั่นคงของลาดดินในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างนั้น และเสนอแนวทางป้องกันการวิบัติของลาดดินต่อไป โดยกำหนดให้ใช้ลาดดินบริเวณใกล้เคียงอาคารกรมนักเรียนนายเรืออากาศพระองค์ ฯ เป็นตำแหน่งตัวอย่างในการศึกษาและตัวอย่างดินที่ใช้ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานเป็นตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนระหว่างการเก็บ (Disturbed Samples) โดยเก็บมาจากที่ระดับความลึก 1 เมตร และ 2 เมตร จากตำแหน่งสูงสุดของลาดดิน

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ (1) สำรวจพื้นที่และเก็บตัวอย่างดิน (2) ทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติของดินในห้องปฏิบัติการ (3) วิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินตัวอย่างในสภาพธรรมชาติ และ (4) นำเสนอแนวทางป้องกันการพังทลายของลาดดิน

2.1 การสำรวจพื้นที่และเก็บตัวอย่างดิน

ลาดดินตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นลาดดินที่สร้างขึ้นเพื่อปรับพื้นที่รองรับอาคารกรมนักเรียนนายเรืออากาศพระองค์ ฯ ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีลักษณะเป็นดินถมที่มีอัตราส่วนความลาดชัน เท่ากับ 1:3 และมีความสูงเฉลี่ยประมาณ 1.8 เมตร จากชั้นดินเดิมที่รองรับลาดดินนั้น



รูปที่ 1 การปรับพื้นที่รองรับอาคารกรมนักเรียนนายเรืออากาศพระองค์ ฯ

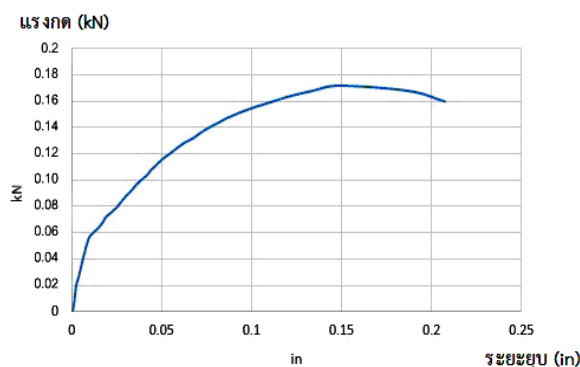
การเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐานในห้องปฏิบัติการ ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินจาก 2 ตำแหน่ง คือ ที่ระดับความลึก 1 เมตร จากตำแหน่งสูงสุดของลาดดิน แทนตัวอย่างของดินถม และที่ระดับความลึก 2 เมตร จากตำแหน่งสูงสุดของลาดดิน แทนตัวอย่างของดินเดิม โดยทั้งสองตำแหน่งเป็นตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนระหว่างการเก็บ ทำให้คุณสมบัติบางอย่างอาจเปลี่ยนแปลงไปจากดินในสภาพพื้นที่จริง

2.2 คุณสมบัติพื้นฐานของตัวอย่างดิน

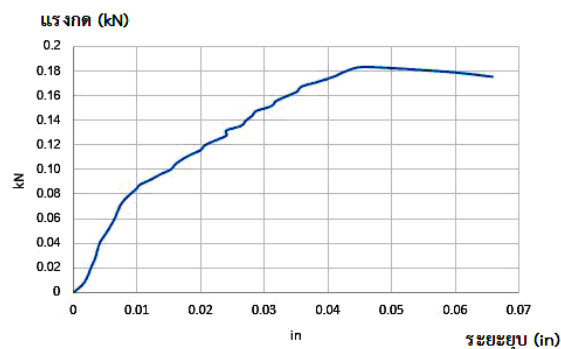
ผลการทดสอบตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ ปรุทีกลศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช พบว่า ตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 1 เมตร เป็นดินเหนียวปนทราย สีน้ำตาลแดง มีหน่วยน้ำหนักดินในสภาพแห้ง 11.84 kN/m^3 ปริมาณความชื้นในดินเฉลี่ยประมาณ 18.4% ค่าขีดจำกัดเหลว (L.L.) 38% และค่าครรชนิพลาสติค (P.I.) 21%

ส่วนตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 2 เมตร มีลักษณะเป็นดินเหนียวปนทราย สีน้ำตาลเทา มีหน่วยน้ำหนักในสภาพแห้ง 11.49 kN/m^3 ปริมาณความชื้นในดินเฉลี่ยประมาณ 20.6% ค่าขีดจำกัดเหลว (L.L.) 41% และค่าครรชนิพลาสติค (P.I.) 22%

สำหรับการทดสอบแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test) เนื่องจากตัวอย่างดินที่เก็บมาเป็นตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนและไม่อยู่ในสภาพที่สามารถทำการทดสอบได้ทันที จึงได้ทำการหล่อตัวอย่างดินขึ้นใหม่เป็นรูปทรงกระบอกเพื่อใช้ในการทดสอบ ซึ่งผลจากการทดสอบสามารถใช้คำนวณค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength, S_u) ของตัวอย่างดินได้ โดยค่า S_u ของตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 1 เมตร เท่ากับ 16 kN/m^2 และค่า S_u ของตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 2 เมตร เท่ากับ 19 kN/m^2 รูปที่ 2 และ รูปที่ 3 แสดงผลการทดสอบแรงอัดแกนเดียวของตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 1 เมตร และ 2 เมตร ตามลำดับ



รูปที่ 2 ผลการทดสอบแรงอัดแกนเดียวของตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 1 เมตร

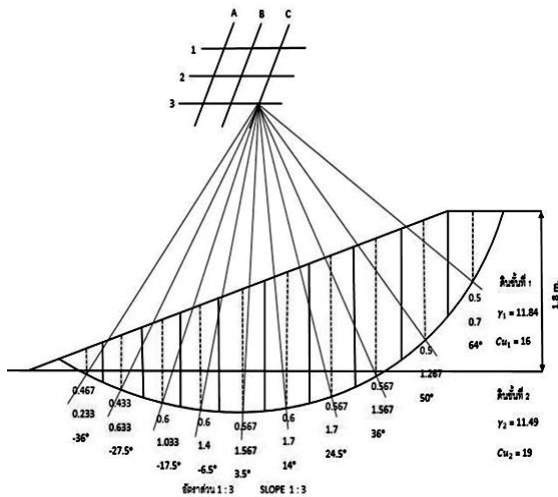


รูปที่ 3 ผลการทดสอบแรงอัดแกนเดียวของตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 2 เมตร

2.3 การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินตัวอย่างในสภาพธรรมชาติ

การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดิน พิจารณาตามรูปที่ 2 และ รูปที่ 3 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) มีค่าเท่ากับอัตราส่วนของหน่วยแรงต้านในดินต่อหน่วยแรงกระทำ บนลาดดิน โดยค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของงานคันดินถมควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 1.2 [1][3] ในการวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินในช่วงเวลาที่น้ำในดินยังไม่มีกระบวนการระบายจนหมด (Short Term) เท่านั้น

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดิน โดยพิจารณาผลกระทบจากน้ำหนักดินเหนือส่วนโค้งของการเลื่อนตัวของลาดดินในสภาพปกติเท่านั้น และใช้การคำนวณด้วยวิธีแบ่งพื้นที่ลาดดินออกเป็นชั้นบาง (Bishop's Simplified Method of Slices) การวิเคราะห์ทำการคำนวณบนหน้าตัดการพังทลายของลาดดินรวมทั้งหมด 45 หน้าตัด จากนั้นจึงพิจารณาหน้าตัดที่มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยน้อยที่สุดเป็นระนาบวิบัติของลาดดิน นอกจากนี้ยังได้ทำการคำนวณค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเพื่อตรวจสอบความมั่นคงกรณีที่ลาดดินมีความชันเปลี่ยนเป็น 1:2 และ 1:1 ไว้ด้วย รูปที่ 4 แสดงการวิเคราะห์หาระนาบวิบัติของลาดดินที่มีค่าความชันเท่ากับ 1:3 และค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่คำนวณได้บนระนาบวิบัติของแต่ละค่าความชันได้แสดงไว้ในตารางที่ 1



รูปที่ 4 การวิเคราะห์หาระนาบวิบัติของลาดดินที่มีค่าความชันเท่ากับ 1:3

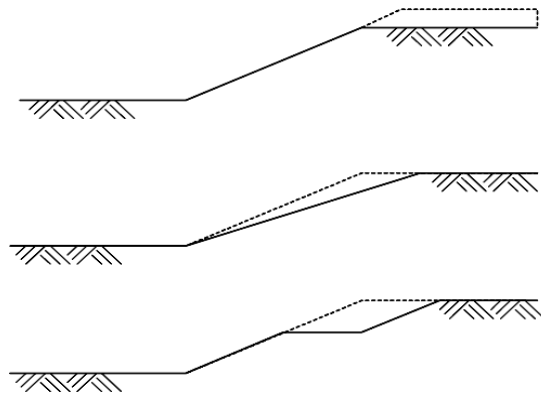
ตารางที่ 1 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่คำนวณได้บนระนาบวิบัติของแต่ละค่าความชัน

ความชัน	อัตราส่วนความปลอดภัยบนระนาบวิบัติ
1:1	1.5
1:2	2.6
1:3	4.1

2.4 แนวทางป้องกันการพังทลายของลาดดิน

ผลการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ผ่านมาพบว่า อัตราส่วนความปลอดภัยของลาดดินตัวอย่างมีค่าค่อนข้างสูง ดังนั้นการพังทลายของลาดดินเนื่องจากน้ำหนักของดินจึงมีโอกาสดังขึ้นได้ไม่มากนัก แต่ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยนี้อาจมีค่าลดลงได้เนื่องจากปัจจัยอื่น เช่น แรงภายนอกจากอาคาร สิ่งปลูกสร้าง หรือปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น การชะล้างของน้ำในช่วงฤดูฝน [2][4][6] ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการพังทลายของลาดดินในอนาคต จึงควรมีการป้องกันด้วยวิธีที่เหมาะสมไว้ล่วงหน้า ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการป้องกันที่เหมาะสมกับพื้นที่ โดยคำนึงถึงความปลอดภัยและปลอดภัยเป็นหลัก ไว้ดังนี้

2.4.1 การปรับลดความลาดชันของลาดดินหรือตัดปรับเป็นขั้นบันได ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 การปรับลดความลาดชันของลาดดินและการตัดปรับเป็นขั้นบันได [4]

2.4.2 การปลูกพืชคลุมดินบริเวณผิวหน้าลาดดิน

2.4.3 การทำแนวหินทิ้งบริเวณฐานของลาดดิน

2.4.4 การจัดระบบระบายน้ำผิวดิน ให้มีการติดตั้งรางระบายน้ำผิวดิน เพื่อระบายน้ำออกสู่บริเวณที่เหมาะสม ป้องกันการชะล้างลาดดิน

2.4.5 ควบคุมระดับน้ำใต้ดินโดยการขุดร่องระบายน้ำใต้ดินไว้ในระดับที่ลึกกว่าระนาบวิบัติของลาดดิน

3. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินตัวอย่าง พบว่า อัตราส่วนความปลอดภัยมีค่าสูงกว่า 1.2 แสดงให้เห็นว่าลาดดินตัวอย่างมีเสถียรภาพและความมั่นคงเมื่อพิจารณาเฉพาะผลของน้ำหนักดินถมในสภาพปกติ อย่างไรก็ตาม ในสภาพการใช้งานจริงอาจมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของลาดดิน ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบของปัจจัยเหล่านั้นจึงควรมีการป้องกันด้วยวิธีที่เหมาะสมควบคู่ไปด้วย

4. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ทำการตรวจสอบเสถียรภาพของลาดดินในบริเวณโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช ณ ที่ตั้งแห่งใหม่ จังหวัดสระบุรี โดยได้ใช้ลาดดินบริเวณใกล้อาคารกรมนักเรียนนายเรืออากาศศึกษาพระองค์ ๑ เป็นตัวอย่างในการวิจัย โดยได้มีการสำรวจพื้นที่และเก็บตัวอย่างดินไปทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติในห้วงปฏิบัติการ และนำมาใช้วิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินโดยใช้การคำนวณด้วยวิธีแบ่งเป็นชั้นบาง ผลการศึกษาพบว่าดินที่นำมาใช้

เป็นดินถมเพื่อปรับพื้นที่ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับดินเดิม ที่รองรับลาดดิน ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดิน ตัวอย่าง ด้วยวิธีแบ่งออกเป็นชั้นบาง พบว่าค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของลาดดินตัวอย่างมีค่าสูงกว่า 1.2 นั่นคือลาดดินมีเสถียรภาพ เมื่อพิจารณาผลกระทบจากน้ำหนักดินเหนือส่วนโค้งของการเคลื่อนตัวของลาดดินในสภาพปกติ เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของลาดดิน ควรมีการป้องกันการพังทลายของลาดดินอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงความปลอดภัยและความปลอดภัยเป็นหลัก อาทิเช่น การปรับลดความลาดชันของลาดดินหรือตัดปรับทำเป็นขั้นบันได การปลูกพืชคลุมดินบริเวณผิวหน้าลาดดิน การทำแนวหินทิ้งบริเวณฐานลาดดิน การจัดระบบระบายน้ำผิวดิน และการควบคุมระดับน้ำใต้ดิน

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธาของกองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศ นวมินทราชดิยาภิราช ที่ให้การสนับสนุนและชี้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยและขอขอบคุณเรืออากาศโท คเชนทร์ ปลอดภัย นายทหารคุมงานโครงการปรับวางที่ตั้งโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทราชดิยาภิราช ณ ที่ตั้งอำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์เพื่อเข้าสำรวจพื้นที่ก่อสร้างและให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างดินรวมทั้งขอขอบคุณ ดร.ธรรณชัย เวชวังสิกุล ในการให้ความช่วยเหลือด้านการตรวจทานเอกสารที่เกี่ยวข้อง นาวาอากาศตรี วรากรณ์ พูลจันทร์ ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยและขออุทิศความสำเร็จและคุณประโยชน์ของการวิจัยครั้งนี้แด่ บิดา มารดา คณะอาจารย์และผู้มีพระคุณที่กล่าวมาข้างต้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัย มุกตพันธุ์ และ คาซุโตะ นาคาฮาวา. **ปฐพีกลศาสตร์และวิศวกรรมฐานราก**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ, 2526.
- [2] ปิยะ รัตนสุวรรณ และวรรณศิริ พันธุ์ไร. การวิเคราะห์เพื่อการออกแบบการเสริมความมั่นคงของคันดินทางรถไฟ. **วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา**, 22(3): 8-14, 2554.
- [3] พัลลภ วิสุทธิ์เมธากุล. **คู่มือวิศวกรรมฐานราก**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัดมหาชน, 2558.
- [4] ยงยุทธ เต๋ศิริ และ กฤษฎา ชูวานนท์. แนวทางในการป้องกันและแก้ไขการเคลื่อนตัวของเชิงลาด: บทควมสัมมนา. ส่วนออกแบบและแนะนำโครงสร้างชั้นทางสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง, 2548.
- [5] สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์. **วิศวกรรมปฐพี**. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2540.
- [6] อุดลย์ ะโก๊บ. การศึกษาการปรับปรุงเสถียรภาพของลาดดินในทางหลวงหมายเลข 41. **วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์**, 2551.
- [7] B.M. Das. **Principles of geotechnical engineering**: 5th edition. Canada: Nelson, a division of Thomson Canada Limited, 2006.