



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

ผลของเถ้าลอยต่อสมบัติของวัสดุกันซึมดินเหนียวบดอัด

Effect of Fly Ash on Properties of Compacted Clay Liner

กนกพร เดชโหมด (Kanokporn Detmode)¹ สุวิมล อัสวาทิษฐ์ (Suwimol Asavapisit)²

รุ่งโรจน์ ปิยะพานวัฒน์ (Rungroj Piyapanuwat)³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของเถ้าลอยต่อสมบัติของวัสดุกันซึมดินเหนียวบดอัด ที่มีการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก และเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่ม 7, 14, 28 และ 60 วัน และทดสอบการซึมผ่านน้ำที่ระยะเวลาบ่ม 14 วัน ผลการทดสอบพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์ ค่ารับแรงกำลังอัดวัสดุกันซึมดินเหนียวบดอัดมีค่าเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่ร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด ที่ระยะเวลาบ่ม 28 วัน มีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 6.15 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร จากนั้นนำไปใช้ผสมกับเถ้าลอย ผลการศึกษาพบว่าค่ากำลังรับแรงอัดของเถ้าลอยมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเถ้าลอยที่ผสมเพิ่มขึ้น โดยที่วัสดุกันซึมดินเหนียวบดอัดที่มีอัตราส่วนเถ้าลอยร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด ที่ระยะเวลาบ่ม 28 วัน มีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 13.45 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ผลการทดสอบการซึมผ่านน้ำที่ระยะเวลาบ่มที่ 14 วัน พบว่าค่าการซึมผ่านน้ำของเถ้าลอยที่อัตราส่วนร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 5.85×10^{-8} เซนติเมตร/วินาที ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งฝังกลบ (1×10^{-7} เซนติเมตร/วินาที)

คำสำคัญ: ดินเหนียว กากแคลเซียมคาร์ไบด์ เถ้าลอย กำลังรับแรงอัด การซึมผ่านน้ำ

Abstract

This research investigates the effect of fly ash on properties of compacted clay liner, containing calcium carbide residue (CCR) at 0, 5, 10 and 15 wt% and fly ash (FA) at 10, 20 and 30 wt%. The specimens were measured for compaction test at the age of 7, 14, 28 and 60 days and water permeability at the age of 14 days. Results showed that strength of compacted clay increased with increasing CCR content. The compacted clay with 15 wt% CCR gave the highest 28-day strength equals to 6.15 Kg/cm². This clay mixture was then blended with fly ash. It was observed that compacted clay liner containing 30 wt% FA gave the highest 28-day strength equals to 13.45 Kg/cm² and a 14-day water permeability value of 5.85×10^{-8} cm/s meets the standard limit of landfill liner (1×10^{-7} cm/s).

Keywords: Clay, Calcium Carbide Residue, Fly ash, Unconfined compressive strength, Permeability test

1 นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ Kanokporn.sci@gmail.com

2 รองศาสตราจารย์ ประจำสาขาสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ Suwimol.asa@kmutt.ac.th

3 อาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ราชบุรี) Rungroj.piy@kmutt.ac.th



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

บทนำ

ในปัจจุบันการสร้างหลุมฝังกลบสำหรับของเสียจะใช้ดินเหนียวสำหรับเป็นวัสดุกันซึมปิดทับด้านบนและปูรองพื้นกันบ่อรวมทั้งผนังด้านข้าง เพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำชะขยะออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยความหนาของชั้นดินเหนียวบดอัดที่ใช้ควรมีความหนาประมาณ 60 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำชะขยะ โดยทั่วไปจะต้องปูวัสดุกันซึมในแหล่งฝังกลบและจะใช้ดินเหนียวบดอัดปูรองกันบ่อในชั้นสุดท้าย แต่เนื่องจากดินเหนียวที่นำมาใช้ส่วนใหญ่มีสมบัติทางวิศวกรรมไม่เหมาะสม ซึ่งจะเกิดปัญหาด้านการรั่วไหลของน้ำชะขยะออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ จึงต้องมีการปรับปรุงสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียว ได้แก่ การปรับปรุงเสถียรภาพของดินโดยใช้พลังงานหรือเครื่องจักร การลดหรือเพิ่มอุณหภูมิ และการปรับปรุงเสถียรภาพของดินโดยการเติมสารหรือวัสดุประสานเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น การเติมปูนขาว ปูนซีเมนต์ กากแคลเซียมคาร์ไบด์ เบนโทไนด์ ซีโอไลต์ ลงในดิน (ทรงสุดา วิจารณ์. 2556)

กากแคลเซียมคาร์ไบด์ (Calcium Carbide Residue, CaC_2) คือกากที่เหลือจากปฏิกิริยาเคมีจากการผลิตก๊าซอะเซทิลีนซึ่งนำไปใช้ในระบบอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างไรก็ตามการผลิตก๊าซอะเซทิลีนจะเหลือกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในรูปของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) สูงถึงร้อยละ 74 โดยน้ำหนัก และเนื่องจากสมบัติที่มีความเป็นด่างสูง จึงนำมาใช้เป็นวัสดุประสานซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาร่วมกับวัสดุปอชโซลาน เช่น เถ้าแกลบ เถ้าลอย เป็นต้น ทำให้ดินมีสมบัติทางวิศวกรรมเพิ่มขึ้น

เถ้าถ่านหินหรือเถ้าลอย (Fly ash หรือ Pulverized fuel ash) ที่นำมาใช้ในงานวิจัยเป็นวัสดุเหลือจากการเผาถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งกากที่เหลือจากการเผาถ่านหินประกอบด้วยเถ้าลอยประมาณร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก และเถ้าถ่านหินอีกประมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ในปัจจุบันจึงนิยมนำเถ้าลอยไปใช้ในงานคอนกรีตเนื่องจากมีองค์ประกอบหลักทางเคมีคือ ออกไซด์ของธาตุซิลิกา อะลูมินาและเหล็ก ซึ่งออกไซด์เหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยาปอชโซลานได้ดี จึงได้มีการศึกษางานวิจัยที่ใช้ เถ้าลอยและกากแคลเซียมคาร์ไบด์ มาปรับปรุงกำลังอัดของดินเหนียวปนดินตะกอน พบว่าการพัฒนา กำลังอัดของดินเหนียวปนดินตะกอนที่ปรับปรุงด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอยทั้งในสภาวะที่แช่น้ำและไม่แช่น้ำ มีพฤติกรรมที่คล้ายกับการปรับปรุงดินเหนียวปนดินตะกอนด้วยซีเมนต์ แสดงให้เห็นว่าส่วนผสมระหว่างกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอยสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินแทนที่ซีเมนต์ได้ (วัฒนพงษ์ ภูมิโคกรักษ์. 2555)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มีการปรับปรุงสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุกันซึมดินเหนียวบดอัด โดยใช้เถ้าลอย และกากของเสียจากกระบวนการผลิตก๊าซอะเซทิลีนมาใช้ในการปรับปรุงสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียวบดอัด โดยทำการศึกษา ความสามารถในการรับกำลังอัดและการซึมผ่านน้ำของดินเหนียวบดอัด

วัตถุประสงค์การวิจัย

ศึกษาผลของเถ้าลอย และกากแคลเซียมคาร์ไบด์ต่อสมบัติวัสดุกันซึมดินเหนียวบดอัด



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ดินเหนียว ได้รับความอนุเคราะห์มาจากโครงการ M-Tower Sukhumvit 62 ถนนสุขุมวิท กรุงเทพมหานคร ที่ระดับความลึก 4 เมตร กากเคลือบเซรามิกคาร์ไบด์ได้มาจากบริษัท เอ็มไทยอินดัสเทรียล จำกัด จ.สมุทรสาคร เป็นผลพลอยได้จากระบวนการผลิตก๊าซอะซิทีลีน มีลักษณะเป็นผงสีขาวอมเทา มีความเป็นด่างสูง (pH 12) โดยนำมาทำการตากแดดให้แห้ง จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบด Los Angeles Abrasion Machine เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ส่วนเถ้าลอยที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้มาจากการเผาลานหินลิกไนต์ จากโรงไฟฟ้าไฟฟ้าราชบุรี ซึ่งจัดเป็นเถ้าลอยประเภท C ตามมาตรฐาน ASTM C618 (ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2553) ซึ่งผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ ดินเหนียว กากเคลือบเซรามิกคาร์ไบด์ และเถ้าลอย ด้วยเทคนิค XRF (X-ray Fluorescence) แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของดินเหนียว กากเคลือบเซรามิกคาร์ไบด์และเถ้าลอย

องค์ประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก		
	ดินเหนียว	กากเคลือบเซรามิกคาร์ไบด์	เถ้าลอย
ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO ₂)	61.52	7.15	40.50
อะลูมิเนียมไดออกไซด์ (Al ₂ O ₃)	20.51	4.76	28.58
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	1.20	85.92	13.43
เหล็กออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	9.18	0.46	6.88
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃)	1.28	0.54	5.22
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	2.73	-	2.08
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	2.33	1.09	1.59
ไดฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.16	-	1.29
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.91	0.08	0.26
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	0.20	-	0.18



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5
The 5th STOU Graduate Research Conference

ตารางที่ 2 อัตราส่วนของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ร้อยละโดยน้ำหนัก		
ดินเหนียว	กากแคลเซียมคาร์ไบด์	เถ้าลอย
100	0	0
95	5	0
90	10	0
85	15	0
75	15	10
65	15	20
55	15	30

2. การทดสอบ

2.1 การทดสอบขีดจำกัดเหลว ขีดจำกัดพลาสติก และขีดการหดตัว (*Liquid Limit, Plastic Limit and Shrinkage Limit*) การหาขีดจำกัดเหลว ขีดจำกัดพลาสติก และขีดการหดตัว เป็นการหาปริมาณน้ำที่ทำให้ดินอยู่ในสภาพของไหล พลาสติก และสภาพกึ่งของแข็งเป็นของแข็ง โดยใช้อัตราส่วนของวัสดุกันซึมดินเหนียวคอลลีที่แสดงดังตารางที่ 2 ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D4318

2.2 การหาปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (*Optimum Moisture Content*) การหาปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของดินจะใช้วิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน (Standard proctor compaction test) ตามมาตรฐาน ASTM D698 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและความหนาแน่นแห้งของดินหรือโถ้งการบดอัด โดยใช้พลังงานในการบดอัดเท่ากับ 12,400 ฟุต-ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต ซึ่งการทดสอบใช้อัตราส่วนวัสดุดังตารางที่ 2 จากนั้นทำการบดอัดในแบบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 11.7 เซนติเมตร ใช้ก้อนหนัก 2,483 กรัม ทำการบดอัดชั้นละ 56 ครั้งจำนวน 3 ชั้น

2.3 การทดสอบกำลังอัด (*Unconfined Compressive Strength*) การหาความสามารถในการรับกำลังอัดทิศทางเดียว เป็นวิธีการทดสอบเพื่อหาค่ากำลังต้านทานต่อแรงเฉือนของดินที่มีความเชื่อมแน่น โดยเตรียมตัวอย่างที่มีอัตราส่วนตามตารางที่ 2 ในแบบหล่อรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร โดยทำการบดอัดจำนวน 3 ชั้น จากนั้นทำการบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกหุ้มตัวอย่างเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำเป็นเวลา 7, 14, 28 และ 60 วัน แล้วจึงนำมาทดสอบด้วยเครื่อง Unconfined compressive strength ตามมาตรฐาน ASTM D2166 โดยในแต่ละการทดสอบทำ 6 ซ้ำ

2.4 การหาความสามารถในการซึมผ่านน้ำ (*Permeability Test*) ความสามารถในการซึมผ่านน้ำเป็นการทดสอบเพื่อหาอัตราการไหลของน้ำต่อมวลดิน ที่มีความดันของน้ำคงที่เท่ากับ 0.7 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ผ่านตัวอย่าง



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

ดินรูปทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร ที่ระยะเวลาบ่ม 14 วัน ประยุกต์ใช้ตามมาตรฐาน ASTM D5084 โดยในแต่ละการทดสอบทำ 3 ซ้ำ

ผลการวิจัย

1. ผลของดินเหนียวคอลลอยด์ที่มีการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์

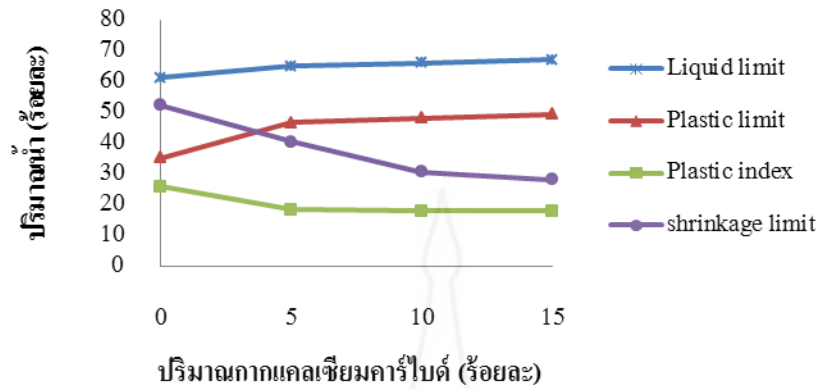
จากรูปที่ 1 ปริมาณน้ำที่ซัดจำกัดเหลวของดินเหนียวมีค่าร้อยละ 61 เมื่อมีการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในดินเหนียวในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก พบว่า ซัดจำกัดเหลวและซัดจำกัดพลาสติกมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ลงไปดินเหนียว แคลเซียม (Ca^{2+}) จากกากแคลเซียมคาร์ไบด์จะทำปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนไอออน (Cation exchange) ส่งผลให้โครงสร้างการเชื่อมต่อของแร่ธาตุในดินเหนียวลดลง และทำให้ค่าความแตกต่างของประจุไฟฟ้า (Zeta potential) ลดลง ทำให้ความสามารถในการยึดเกาะของดินเหนียวลดลง ส่วนค่าขีดการหดตัวมีค่าลดลงเมื่อปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์เพิ่มขึ้น จากรูปที่ 2 ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของดินเหนียวคอลลอยด์ มีค่าเท่ากับร้อยละ 27 และเมื่อมีการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในดินเหนียวคอลลอยด์ที่อัตราส่วนร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก พบว่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้ในการบดอัดดินเหนียวผสมมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 29, 31 และ 33 ตามลำดับ เนื่องจากกากแคลเซียมคาร์ไบด์จะทำปฏิกิริยากับน้ำที่ผสมเกิดการแลกเปลี่ยนไอออน เป็นผลทำให้อนุภาคดินมีขนาดใหญ่ขึ้น ดังนั้นเมื่อบดอัดจึงทำให้ปริมาตรของช่องว่างเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีค่าลดลง

จากรูปที่ 3 ค่ากำลังรับแรงอัดตามแนวแกนของดินเหนียวคอลลอยด์ที่ระยะเวลาบ่ม 14 และ 28 วัน มีค่าเท่ากับ 371 และ 424 กิโลปาสกาล เมื่อผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่อัตราส่วนร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก พบว่า ดินเหนียวคอลลอยด์ที่มีการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในปริมาณร้อยละ 5 มีค่ากำลังรับแรงอัดตามแนวแกนลดลง ส่วนค่ากำลังรับแรงอัดตามแนวแกนของดินเหนียวผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่ปริมาณร้อยละ 10 และ 15 โดยน้ำหนัก มีค่ากำลังรับแรงอัดตามแนวแกนสูงกว่าดินเหนียวคอลลอยด์ โดยที่ระยะเวลาบ่ม 28 วัน มีค่าเท่ากับ 514 และ 604 กิโลปาสกาล ตามลำดับ เนื่องจากการเติมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่เกินกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ทำให้ค่าดัชนีพลาสติกมีค่าลดลง ทำให้สามารถทำการการบดอัดได้ดี ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดมีค่าที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์มีปริมาณที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยากับดินเหนียวจะต้องอยู่ในช่วง Transition zone ซึ่งเป็นช่วงที่กากแคลเซียมคาร์ไบด์สามารถทำปฏิกิริยาได้ดี โดยดินเหนียวคอลลอยด์ที่มีการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก มีค่ากำลังรับแรงอัดตามแนวแกนสูงสุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกนำไปศึกษาผลของถ้ำลอยในดินเหนียวคอลลอยด์ที่ผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ ในหัวข้อถัดไป

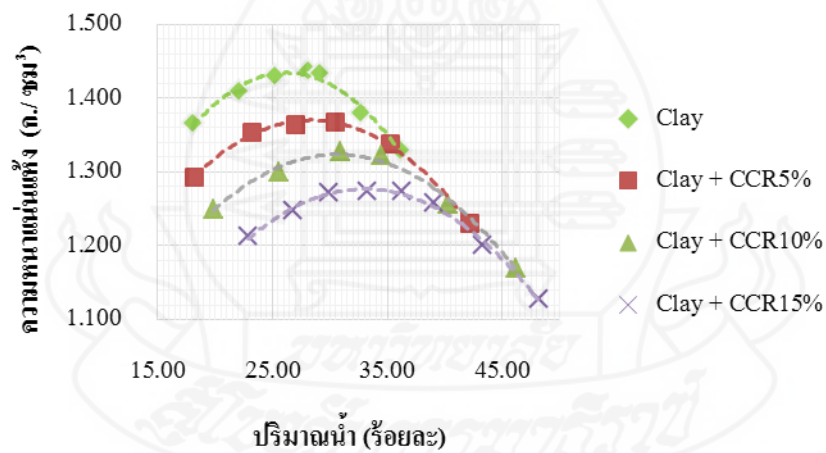


การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference



รูปที่ 1 ผลของปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์ต่อสมบัติด้านขีดจำกัดเหลว ขีดจำกัดพลาสติก ขีดการหดตัว และดัชนีพลาสติกของดินเหนียวบดอัด

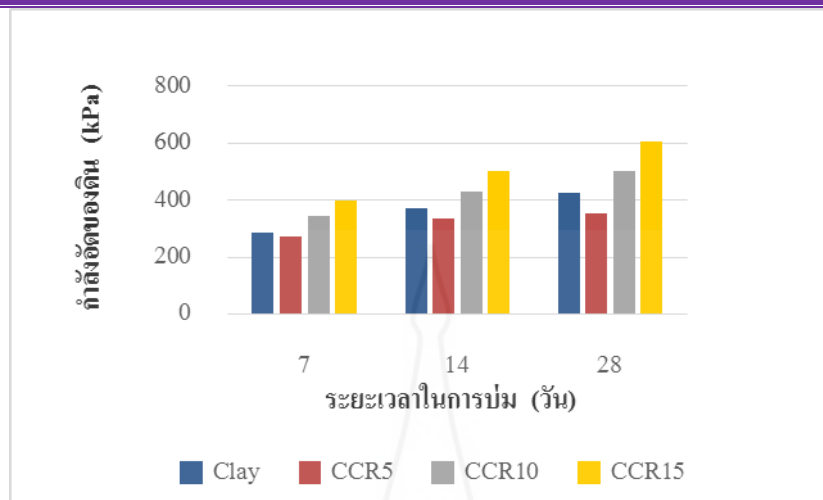


รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความหนาแน่นแห้งของดินเหนียวบดอัดที่ไม่มี และที่มีการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference



รูปที่ 3 ความสามารถในการรับกำลังอัดทิศทางเดียวของดินเหนียวบดอัดที่ผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์

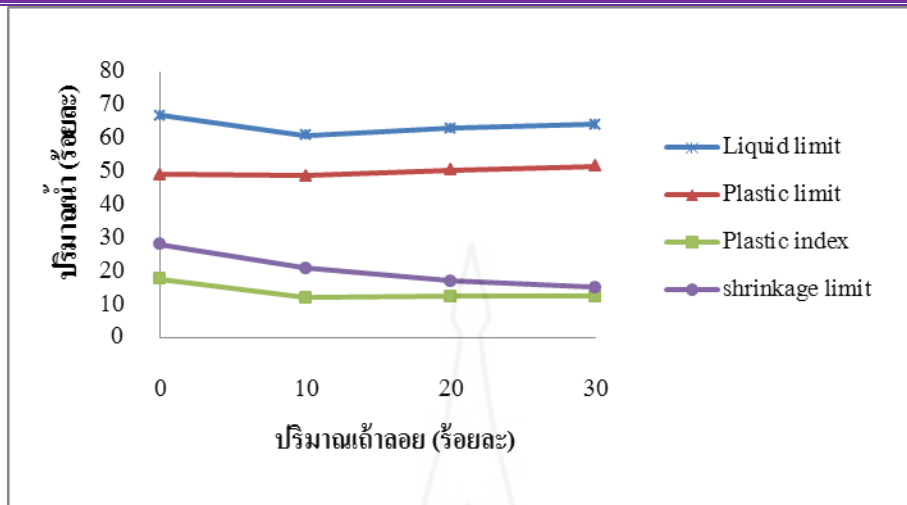
2. ผลของดินเหนียวบดอัดที่มีการผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย

จากรูปที่ 4 เมื่อมีการเพิ่มปริมาณเถ้าลอยในดินเหนียวที่ผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์ที่ร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก พบว่า ชีดจำกัดเหลวของดินเหนียวผสมมีค่าลดลงเมื่อมีการผสมเถ้าลอยในปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก แต่เมื่อเพิ่มปริมาณ เถ้าลอยเป็นร้อยละ 20 และ 30 โดยน้ำหนัก จะมีค่าชีดจำกัดเหลวที่ ในขณะที่ชีดจำกัดพลาสติกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ชีดจำกัดการหดตัวจะมีค่าลดลง เนื่องจากเมื่อผสมเถ้าลอยลงไปดินเหนียวที่ผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์อนุภาคที่มีขนาดเล็กของเถ้าลอยจะไปช่วยอุดในช่องว่างภายในของดินเหนียวผสมทำให้ชีดจำกัดการหดตัวมีค่าลดลง จากรูปที่ 5 ค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของดินเหนียวบดอัดผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอยมีเพิ่มขึ้น แต่ความหนาแน่นแห้งมีค่าลดลงเมื่อปริมาณเถ้าลอยเพิ่มขึ้น ส่วนการทดสอบความสามารถในการรับแรงอัดทิศทางเดียวของดินเหนียวผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์ที่อัตราส่วนร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ที่ผสมเถ้าลอยที่อัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าลอย ค่ากำลังรับแรงอัดตามแนวแกนของดินเหนียวบดอัดผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม โดยค่ารับกำลังแรงอัดที่ระยะเวลาบ่ม 28 วัน เท่ากับ 803, 1,015 และ 1,319 กิโลปาสกาล ตามลำดับ และที่ระยะเวลาบ่มที่ 60 วัน เท่ากับ 1,011, 1,315 และ 1,562 กิโลปาสกาล ตามลำดับ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 6 โดยดินเหนียวบดอัดที่มีการผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์ในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก และเถ้าลอยในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงที่สุด เนื่องจากเถ้าลอยมีสมบัติเป็นวัสดุพอซโซลานซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อยู่ในกากเคลเซียมคาร์ไบด์ ที่สภาวะอุณหภูมิ น้ำปกติจึงเกิดเป็นสารประกอบที่มีสมบัติในการยึดประสาน (ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2553) ทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดตามแนวแกนมีค่าเพิ่มขึ้น

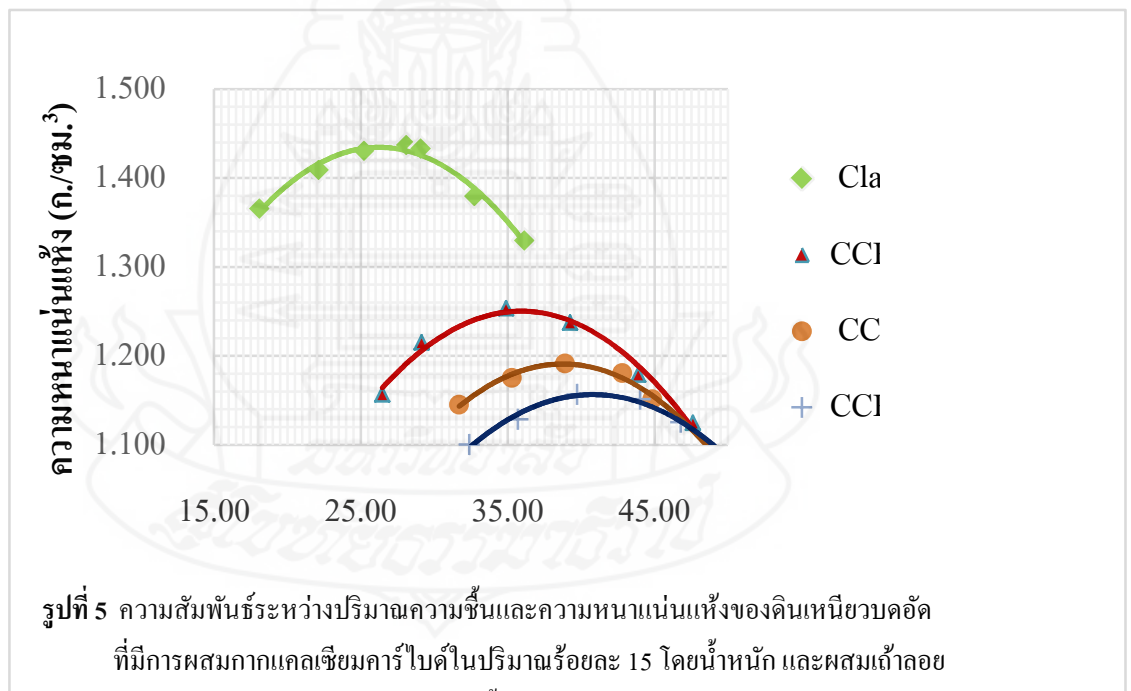


การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference



รูปที่ 4 ผลของปริมาณเถ้าลอยต่อสมบัติด้านขีดจำกัดเหลว ขีดจำกัดพลาสติก ขีดการหดตัว และดัชนีพลาสติกของดินเหนียวบดอัดที่ผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก

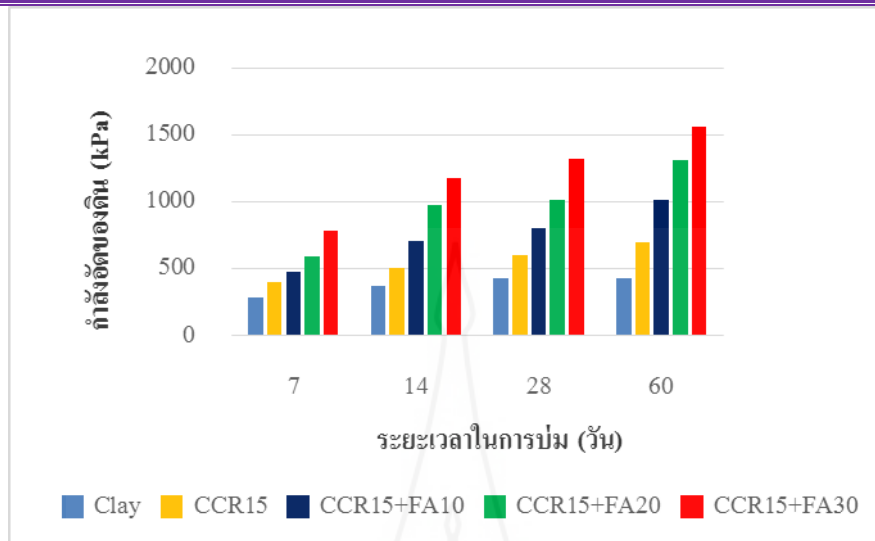


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความหนาแน่นแห้งของดินเหนียวบดอัดที่มีการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก และผสมเถ้าลอยในปริมาณร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference



รูปที่ 6 ความสามารถในการรับกำลังอัดทิศทางเดียวของดินเหนียวบดอัดที่ผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์และผสมเถ้าลอย

3. ผลการทดสอบการซึมผ่านน้ำ

จากผลการศึกษาในหัวข้อ 4.1 และ 4.2 อัตราส่วนของวัสดุกันซึมดินเหนียวบดอัดที่มีค่ากำลังรับแรงอัดตามแนวแกนสูงที่สุดคือ ดินเหนียวที่ผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่อัตราส่วนร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก และดินเหนียวบดอัดที่ผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่อัตราส่วนร้อยละ 15 ร่วมกับเถ้าลอยในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก โดยนำวัสดุกันซึมดินเหนียวบดอัดที่อายุการบ่ม 14 วัน มาทำการทดสอบการซึมผ่านน้ำ ผลการศึกษาพบว่า ค่าการซึมผ่านน้ำของดินเหนียวบดอัดมีค่าเท่ากับ 5.5×10^{-9} เซนติเมตร/วินาที แต่เมื่อมีการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่อัตราส่วนร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก พบว่า ค่าการซึมผ่านน้ำมีค่าเท่ากับ 5.44×10^{-8} เซนติเมตร/วินาที เนื่องจากเมื่อใส่กากแคลเซียมคาร์ไบด์ลงไปดินเหนียวบดอัดพบว่าค่าดัชนีพลาสติกมีค่าลดลง ซึ่งอาจมีผลทำให้มีช่องว่างเกิดขึ้นภายในดินเหนียวบดอัด มีผลทำให้น้ำซึมผ่านสามารถซึมผ่านได้สูงกว่าดินเหนียวบดอัด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบขีดจำกัดการหดตัว และเมื่อมีการผสมเถ้าลอยที่อัตราส่วนร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ในวัสดุกันซึมดินเหนียวบดอัดที่มีการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก พบว่า มีค่าการซึมผ่านน้ำเท่ากับ 5.85×10^{-8} เซนติเมตร/วินาที ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อาจเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานระหว่างกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย ทำให้ค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้น และเป็นผลทำให้ค่าการซึมผ่านน้ำลดลง ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำของวัสดุกันซึมดินเหนียวบดอัดผสมมีค่าต่ำกว่า 1×10^{-7} เซนติเมตร/วินาที ซึ่งเป็นมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำในส่วนผสมระหว่างดินเหนียวคอดัก กากเคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย

Specimen	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำ (cm/s) ที่ระยะเวลาบ่ม 14 วัน
Clay	5.5×10^{-9}
Clay+CCR 15%	5.44×10^{-8}
Clay+CCR 15%+FA 30%	5.81×10^{-8}

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าลอยมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพวัสดุกันซึมดินเหนียวคอดักที่มีการผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์ โดยทำการทดสอบสมบัติพื้นฐานด้านขีดจำกัดเหลว ขีดจำกัดพลาสติก และขีดการหดตัวความสามารถในการรับกำลังแรงอัดและความสามารถในการซึมผ่านน้ำ เมื่อมีการผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์ในดินเหนียวคอดักที่อัตราส่วนร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก พบว่าความสามารถในการรับกำลังแรงอัดตามแนวแกนมีค่าเพิ่มขึ้น ขีดจำกัดเหลวและขีดจำกัดพลาสติกมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ดัชนีพลาสติกลดลงซึ่งเป็นตัวที่แสดงถึงความเหนียวของดิน และยังคงแสดงถึงความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพต่อความชื้นของมวลดิน นอกจากนี้ขีดจำกัดการหดตัวยังมีค่าลดลงตามปริมาณกากเคลเซียมคาร์ไบด์ที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดตามแนวแกนมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ ขีดจำกัดเหลวมีค่าที่ลดลง ขีดจำกัดพลาสติกมีค่าเพิ่มขึ้น ขีดการหดตัวมีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่า เมื่อผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอยสามารถลดการหดตัวของดินเหนียว ซึ่งจะเกิดผลดีในระยะยาวต่อการใช้เป็นวัสดุกันซึมในแหล่งฝังกลบต่อไป ส่วนค่าการทดสอบการซึมผ่านน้ำ พบว่าเมื่อทำการทดสอบโดยการผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์ที่อัตราส่วนร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก และที่มีการผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์ที่อัตราส่วนร้อยละ 15 กับเถ้าลอยที่อัตราส่วนร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาบ่ม 14 วัน ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำมีค่าไม่แตกต่างกันมาก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำสำหรับวัสดุกันซึมดินเหนียวคอดักซึ่งกำหนดไว้ที่ 1×10^{-7} เซนติเมตร/วินาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าดินเหนียวที่มีการผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย สามารถเพิ่มกำลังแรงอัด และมีอัตราการซึมผ่านน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในแหล่งฝังกลบได้ แต่อาจจะต้องศึกษาความสามารถในการดูดซับโลหะหนักของวัสดุกันซึมดินเหนียวคอดักผสมในแหล่งฝังกลบเพิ่มเติม



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาความสามารถในการกักเก็บโลหะหนักภายในแหล่งฝังกลบ
2. ศึกษาคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผสมเถ้าถ่านหินในวัสดุกันซึมดินเหนียวบดอัดที่มีการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์

เอกสารอ้างอิง

- กิริส เจนวิทย์เวชกุล. (2543). “การปรับปรุงคุณภาพวัสดุกันซึมดินเหนียวบดอัดผสมปูนขาวและเถ้าลอย” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- นิพนธ์ ต้นไพบูลย์กุล. (2543). “การนำของเสียประเภทตะกอนหลอมเหล็กมาใช้ในการทำวัสดุกันซึมดินเหนียวผสมปูนขาว” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- วัฒน์พงศ์ ภูมิโคกรักษ์. (2555). “กำลังอัดดินเหนียวปนดินตะกอนปรับปรุงด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- รุ่งลาวัลย์ ราชัน และ ทรงสุตา วิจารณ์. (2556). “การพัฒนากำลังอัดแกนเดียวและโครงสร้างจุลภาคของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพมหานครผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าชีวมวล” วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ปีที่ 36 ฉบับที่ 1 มกราคม – มีนาคม 2556
- ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2553). การใช้วัสดุพอซโซลานในงานคอนกรีต, พิมพ์ครั้งที่ 3, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร, หน้า 13.
- ชยกฤต เพชรช่วย. (2553). “การพัฒนากำลังอัดของดินเหนียวปนดินตะกอนผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- ปิตินันต์ กร้ามาตร. (2553). “คุณสมบัติเบื้องต้นของคอนกรีตผสมเถ้าลอยและผงหินปูน” งบประมาณประจำปี 2553 ภายใต้โครงการเสริมสร้างความเข้มแข็งทางวิชาการ, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2552). การกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill), โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ, หน้า 6-14.
- American Society for Testing and Materials, 1997, “ASTM C 618-97: Standard Specification for coal fly ash and raw or calcined nature pozzolan,” in Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.02, Philadelphia, ASTM, pp. 294-295.



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

American Society for Testing and Materials, 1997, “ASTM C 698-91: Test method for laboratory compaction characteristics of soil using standard effort,” in Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.08, Philadelphia, ASTM, pp. 77-84.

American Society for Testing and Materials, 1997, “ASTM C 4318-95: Standard test method for liquid limit, plastic limit and plastic index of soil,” in Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.08, Philadelphia, ASTM, pp. 522-532.

American Society for Testing and Materials, 1997, “ASTM C 5084: Standard Test Method for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter,” in Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.08, Philadelphia, ASTM, pp. 63-70.

American Society for Testing and Materials, 2000, “ASTM C 2166-00: Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soils ,” in Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.02, Philadelphia, ASTM, pp. 94-99.

