

กำลังเสียดทานที่ผิวสัมผัสของวัสดุโอสตินเทติกส์



นาย จิตติ มณีไพโรจน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547


ISBN 974-53-1228-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I2203626X

INTERFACE SHEAR STRENGTH OF GEOSYNTHETICS

Mr. JITTI MANEEPAIROJN



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-53-1228-2

จิตติ มณีไพโรจน์ : กำลังเสียดทานที่ผิวสัมผัสของวัสดุโชนเทติกส์.

(INTERFACE SHEAR STRENGTH OF GEOSYNTHETICS)

อ.ที่ปรึกษา: รศ. ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล, 71 หน้า. ISBN 974-53-1228-2.

ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของสถานฝังกลบขยะมูลฝอยจะขึ้นอยู่กับมุมเสียดทานภายในของดิน และวัสดุโชนเทติกส์ที่ใช้เป็นวัสดุปิดทับ โดยมุมเสียดทานภายในจะได้รับการทดสอบโดยเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ วัสดุโชนเทติกส์ที่ใช้ดังนี้ วัสดุโชนเทติกส์ที่มีความหนาต่างกัน วัสดุโชนเทติกส์โชนเทติกส์ และวัสดุโชนเทติกส์โชนเทติกส์

จากการทดสอบหาค่ามุมเสียดทานภายในของทรายทั้งสภาพแน่น และสภาพหลวมพบว่า จะมีค่ามุมเสียดทานภายใน 36 และ 42 องศา ตามลำดับ ส่วนผลการทดสอบหาค่ามุมเสียดทานที่ผิวสัมผัสระหว่างทรายและวัสดุโชนเทติกส์พบว่า ค่าอยู่ประมาณ 0.69-0.75 ของค่ามุมเสียดทานภายในของทราย ซึ่งมุมเสียดทานระหว่างวัสดุโชนเทติกส์เป็นมุมที่เกิดการวิบัติโดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ มุมเสียดทานที่ผิวสัมผัสระหว่างวัสดุโชนเทติกส์โชนเทติกส์ และวัสดุโชนเทติกส์โชนเทติกส์ และผลการทดสอบหาค่ามุมเสียดทานภายในของวัสดุโชนเทติกส์ด้วยกันเองพบว่า มีค่าอยู่ประมาณ 10-12 องศา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

4570248421: MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: INTERFACE SHEAR STRENGTH / GEOSYNTHETICS / SAND / ANGLE OF INTERFACE FRICTION / LANDFILL

JITTI MANEPAIROJN: INTERFACE SHEAR STRENGTH OF
GEOSYNTHETICS. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. DR.SUPOT
TEACHAVORASINSKUN, 71 pp. ISBN 974-53-1228-2.

Stability of a landfill greatly depends on the internal friction among soils and geosynthetics materials used as liners. The internal friction use determined using developed laboratory testing device. The geosynthetic materials used are non-woven geotextiles, geomembranes and geonet. Geotextiles with two different thickness were used in the study.

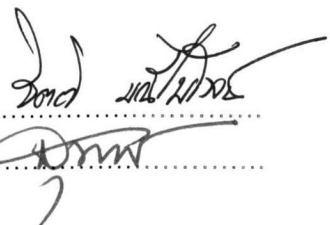
Experiments were first carried out of determine the function angle of used sand. It was found that the friction angle of loose and dense sands were 36° and 42° , respectively. The interface frictions between soil and geosynthetic were determined. It was found that the reduction factor of about 0.69-0.75 must be applied to the soil friction angle. Friction among geosynthetics were most critical, especially the friction between geomembrane and geonet. In general, interface friction angle among geosynthetics were about 10° - 12°

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Civil Engineering
Field of study Civil Engineering
Academic year... 2004....

Student's signature.....

Advisor's signature.....



กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "กำลังเสียดทานที่ผิวสัมผัสของวัสดุจีไอซินเทติกส์" ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ

รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษา และแนะนำต่าง ๆ ในการทำวิจัยมาด้วยดีมาตลอด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวี ธนะเจริญกิจ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญชัย อุกฤษฏชน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรวัตถ์ บุญญะฐิติ ที่ได้ร่วมเป็นคณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

คุณปริดีเทพ อนุจร บริษัท โพลีเฟลล์ จำกัด และบริษัท วัลวิท เทรดิง จำกัด ที่ได้ให้คำปรึกษารายละเอียดในเรื่องวัสดุจีไอซินเทติกส์

บิดา มารดา ครอบครัว ครู อาจารย์ เพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขา วิศวกรรมปฐพีทุกท่าน รวมถึงผู้มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญรูป	ญ
สารบัญตาราง	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 วัสดุโอสินเทติกส์	5
2.1.1 ความหมายและความเป็นมาของวัสดุโอสินเทติกส์	5
2.1.2 หน้าที่หลักของวัสดุโอสินเทติกส์ที่ใช้ในงานสถานฝังกลบมูลฝอย	8
2.1.3 ก๊าซและของเหลวที่เกิดจากมูลฝอยในสถานฝังกลบมูลฝอย	9
2.1.4 การวิเคราะห์เสถียรภาพ	10
2.2 การทดสอบแรงเฉือนโดยตรง	11
2.2.1 ทฤษฎีของมอร์-คูลอมป์	11
2.2.2 วิธีการทดสอบหาความต้านทานแรงเฉือนของดิน	15
2.2.3 การทดสอบแรงเฉือนโดยตรง	15
2.2.4 ข้อสังเกตทั่วไปเกี่ยวกับการทดสอบแรงเฉือนโดยตรง	17
2.2.5 ประโยชน์ของการทดสอบแรงเฉือนโดยตรง	18
2.2.6 การทดสอบแรงเสียดทานระหว่างวัสดุ 2 ชนิด	18

2.3 เอกสารและงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 การเตรียมตัวอย่างและวิธีการทดสอบ	26
3.1 การเตรียมตัวอย่าง	26
3.1.1 ทราหยาบที่ใช้ในการทดสอบ	26
3.1.2 วัสดุจีไอซินเทติกส์	27
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	30
3.2.1 ชุดเครื่องมือทดสอบแรงเฉือนโดยตรง	30
3.2.2 ชุดเครื่องมือทดสอบแรงเฉือนโดยตรงที่ได้ถูกพัฒนาขึ้น	31
3.3 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ	33
3.3.1 การทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐานของตัวอย่างทราหยาบ	33
3.3.2 การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนโดยตรงของทราหยาบ	34
3.3.3 ค่ากำลังเสียดทานที่ผิวสัมผัสระหว่างวัสดุจีไอซินเทติกส์	34
บทที่ 4 ผลและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ	39
4.1 คุณสมบัติทางวิศวกรรมเบื้องต้นของตัวอย่างทราหยาบที่นำมาทดสอบ	39
4.2 ผลการทดสอบหาค่ามุมเสียดทานภายในของทราหยาบ	39
4.3 ผลการทดสอบหาค่ามุมเสียดทานระหว่างทราหยาบที่ความหนาแน่นต่างกันกับ วัสดุจีไอซินเทติกส์	41
4.4 ผลการทดสอบหาค่ามุมเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัสดุจีไอซินเทติกส์	44
4.5 ผลการทดสอบหาค่ามุมเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัสดุจีไอซินเทติกส์ที่มี ความหนาของวัสดุต่างกันกับวัสดุจีไอซินเทติกส์ชนิดต่างๆ	48
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	66
5.1 สรุปผลการวิจัย	66
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยต่อไป	68

รายการอ้างอิง.....	69
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	66



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	แสดงวัสดุจีโอซินเทติกส์ ชนิดต่าง ๆ 6
2.2	(a) Mohr's failure envelope (b) Mohr-Coulumb failure failure criteria (Das, 2001) . 13
2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือนกับหน่วยแรงตั้งฉากที่ได้จากการทดสอบของดิน (วินิต,2522) 14
2.4	แสดงสภาวะสมดุลของวัตถุ ที่เกิดจากแรงกดตั้งฉาก และแรงเฉือนในแนวราบ..... 14
2.5	เครื่องทดสอบแรงเฉือนโดยตรง (Direct Shear Device)..... 16
2.6	การเขียนกราฟระหว่างหน่วยแรงเฉือนกับการเคลื่อนที่ในแนวราบของทราย (Das, 1990) 16
2.7	การเขียนกราฟระหว่างหน่วยแรงเฉือนกับหน่วยแรงกดตั้งฉาก (Das, 1990) 17
2.8	การกระทำต่อกันระหว่างดินกับวัสดุฐานราก (Das, 1990) 19
2.9	การทดสอบแรงเฉือนโดยตรง เพื่อที่จะหาแรงเสียดทานที่ผิวสัมผัส (Das, 1990) 19
2.10	ผลการทดสอบระหว่าง Quartz sand กับคอนกรีต, ไม้ และเหล็ก โดย Acar, Durgunoglu, and Tumay, 1998 20
2.11	การแปรผันของค่ามุมของแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของ Quartz sand (ความหนาแน่นสัมพัทธ์ 45%) กับวัสดุฐานราก (Acar & Durgunoglu, 1998)..... 20
3.1	ตัวอย่างทรายทดสอบ 26
3.2	การกระจายตัวของเม็ดทราย 27
3.3	วัสดุจีโอเทคไทลส์ TS50 ขนาด 10X10ซม. ที่ใช้ในการทดสอบ..... 28
3.4	วัสดุจีโอเทคไทลส์ TS80 ขนาด 10X10ซม. ที่ใช้ในการทดสอบ..... 28
3.5	วัสดุจีโอเมมเบรน หนา 1.5 มม. ขนาด 10X10ซม. ที่ใช้ในการทดสอบ 29
3.6	วัสดุจีโอเนท หนา 4.0 มม. ขนาด 10X10ซม. ที่ใช้ในการทดสอบ..... 29
3.7	เครื่องมือทดสอบแรงเฉือนโดยตรงแบบธรรมดา 30
3.8	เครื่องมือทดสอบแรงเฉือนวัสดุจีโอซินเทติกส์ 32
3.9	แสดงเครื่องมือทดสอบแรงเฉือนของวัสดุจีโอซินเทติกส์ 33
3.10	มอเตอร์ เฟืองทดรอบ และ Gear Box ที่ใช้ในการเลื่อนชุดรถให้เคลื่อนที่ 36
3.11	ชุดรถสำหรับใช้เป็นกล่องเฉือนตัวอย่างด้านล่าง..... 36
3.12	กล่องเฉือนตัวอย่างด้านบนพร้อมปีกยึดกล่องให้ยึดติดอยู่กับที่ 37
3.13	ลักษณะการประกอบกล่องเฉือนบนและล่าง 37

รูปที่	หน้า
3.14	วัสดุจีโอซินเทติกส์ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบ 38
3.15	แผ่นอะคลิลิคที่ใช้เป็นวัสดุในการรองตัวอย่างทดสอบ..... 38
4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือนกับหน่วยแรงตั้งฉากของทรายหยาบ ที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนโดยตรงที่ความหนาแน่น 1.45 t/m^3 และ 1.8 t/m^3 40
4.2	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างทรายหยาบความหนาแน่น 1.45 t/m^3 51
4.3	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างทรายหยาบความหนาแน่น 1.80 t/m^3 51
4.4	หน่วยแรงเฉือนกับหน่วยแรงตั้งฉากของทรายกับวัสดุจีโอซินเทติกส์..... 52
4.5	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างทรายหยาบที่ 1.45 t/m^3 กับ จีโอเทคไทลล์ TS 50 52
4.6	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างทรายหยาบที่ 1.8 t/m^3 กับ จีโอเทคไทลล์ TS 50 53
4.7	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างทรายหยาบที่ 1.45 t/m^3 กับวัสดุจีโอเนท 53
4.8	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างทรายหยาบที่ 1.80 t/m^3 กับวัสดุจีโอเมมเบรน... 54
4.9	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างทรายหยาบที่ 1.45 t/m^3 กับวัสดุจีโอเนท 54
4.10	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างทรายหยาบที่ 1.80 t/m^3 กับวัสดุจีโอเนท 55
4.11	หน่วยแรงเฉือนกับหน่วยแรงตั้งฉากของวัสดุจีโอซินเทติกส์..... 55
4.12	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างวัสดุจีโอเทคไทลล์ (TS 50) ด้วยตัวเอง 56
4.13	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างวัสดุจีโอเทคไทลล์ (TS 50) กับจีโอเมมเบรน 56
4.14	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างวัสดุจีโอเทคไทลล์ (TS 50) กับจีโอเนท..... 57
4.15	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างวัสดุจีโอเมมเบรนด้วยตัวเอง 57
4.16	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างวัสดุจีโอเมมเบรนกับวัสดุจีโอเนท..... 58
4.17	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างวัสดุจีโอเนทด้วยตัวเอง 58
4.18	หน่วยแรงเฉือนกับหน่วยแรงตั้งฉากของวัสดุจีโอเทคไทลล์ทั้ง 2 ชนิดกับจีโอซินเทติกส์..... 59
4.19	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างวัสดุจีโอเทคไทลล์ (TS 80) ด้วยตัวเอง 59
4.20	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างวัสดุจีโอเทคไทลล์ (TS 80) กับจีโอเมมเบรน 60
4.21	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างวัสดุจีโอเทคไทลล์ (TS 80) กับวัสดุจีโอเนท 60
4.22	เปรียบเทียบหน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างทรายหยาบกับวัสดุจีโอเทคไทลล์... 61
4.23	เปรียบเทียบหน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างทรายหยาบกับวัสดุจีโอเมมเบรน ... 61

รูปที่	หน้า
4.24	เปรียบเทียบหน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างทรายหยาบกับวัสดุซีโอเนท 62
4.25	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างจีโอเทคไทลด์กับวัสดุซีโอซินเทติกส์ 62
4.26	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างจีโอเมมเบรนกับวัสดุซีโอซินเทติกส์ 63
4.27	หน่วยแรงเฉือนกับระยะการเฉือนระหว่างจีโอเนทกับวัสดุซีโอซินเทติกส์ 63
4.28	เปรียบเทียบหน่วยแรงเฉือนระหว่างจีโอเทคไทลด์หน้าต่างกันกับวัสดุซีโอเทคไทลด์ 64
4.29	เปรียบเทียบหน่วยแรงเฉือนระหว่างจีโอเทคไทลด์หน้าต่างกันกับวัสดุซีโอเมมเบรน 64
4.30	เปรียบเทียบหน่วยแรงเฉือนระหว่างจีโอเทคไทลด์หน้าต่างกันกับวัสดุซีโอเนท 65



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงค่า δ/ϕ สำหรับผิวสัมผัสระหว่างวัสดุฐานรากกับดิน (Kulhawy, 1991).....	21
ตารางที่ 2.2 แสดงค่ามุม δ ในเทอมของค่ามุม ϕ (ASCE, 1993).....	21
ตารางที่ 2.3 แสดงผลการทดสอบของ Matin et al. (1984) ค่ามุมเสียดทานที่ผิวสัมผัสต่างๆ.....	22
ตารางที่ 2.4 แสดงผลการทดสอบของ William and Houlihan (1986) ค่ามุมเสียดทานที่ผิวสัมผัสต่างๆ (ผลที่ได้จะมีค่าเหมือนกับของ Matin et al. ในปี 1984)	23
ตารางที่ 2.5 แสดงผลการทดสอบของ Negussey et al, (1989) ค่ามุมเสียดทานที่ผิวสัมผัสต่างๆ.....	23
ตารางที่ 2.6 แสดงผลการทดสอบของ Negussey et al, (1989) ค่ามุมเสียดทานที่ผิวสัมผัสต่างๆกับทิศทางที่เปลี่ยนแปลงไป.....	24
ตารางที่ 3.1 แสดงลักษณะการทดสอบของวัสดุจีโอซินเทติกส์กับทรายที่ความหนาแน่นต่างกัน	35
ตารางที่ 3.2 แสดงลักษณะการทดสอบของวัสดุจีโอซินเทติกส์ชนิดต่าง ๆ.....	35
ตารางที่ 3.3 แสดงลักษณะการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างวัสดุจีโอเทคไทล์ที่มีความหนาแน่นต่างกัน.....	35
ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยแรงกดตั้งฉากกับหน่วยแรงเฉือนสูงสุดที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนโดยตรงของทรายหยาบที่ความหนาแน่น 1.45 t/m^3 และ 1.8 t/m^3	40
ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยแรงกดตั้งฉากกับหน่วยแรงเฉือนสูงสุดที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนโดยตรงของทรายหยาบที่ความหนาแน่น 1.45 t/m^3 และ 1.8 t/m^3	41
ตารางที่ 4.3 แสดงค่ามุมเสียดทานที่ผิวสัมผัสระหว่างทรายหยาบที่ความหนาแน่นแตกต่างกันกับวัสดุจีโอซินเทติกส์	42
ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าแทนเจนต์อัตราส่วนของมุมเสียดทานที่ผิวสัมผัสของทราย (δ/ϕ)	44
ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยแรงกดตั้งฉากกับหน่วยแรงเฉือนสูงสุดที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนโดยตรงของวัสดุจีโอซินเทติกส์.....	44

ตารางที่ 4.6	แสดงค่ามุมเสียดทานที่ผิวสัมผัสระหว่างวัสดุจีไอซินเทติกส์.....	45
ตารางที่ 4.7	แสดงการเปรียบเทียบหน่วยแรงกดตั้งฉากกับหน่วยแรงเฉือนสูงสุดที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนโดยตรงของวัสดุจีไอเทคไทล์ที่มีความหนา 1.9 และ 3.2 มิลลิเมตร.....	48
ตารางที่ 4.8	แสดงค่ามุมเสียดทานระหว่างวัสดุจีไอเทคไทล์ที่หนาต่างกันกับวัสดุจีไอซินเทติกส์.....	49
ตารางที่ 5.1	แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างวัสดุจีไอซินเทติกส์.....	67



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย