

สิ่งทอโยธาในงานดินสำหรับประยุกต์ในงานรางรถไฟ

วิชุดา จันทรประภาณนท์^{1*} และนิธินาถ ชิตพงศ์²

wichuda.c@en.rmutt.ac.th^{1*}, nithinart_c@rmutt.ac.th²

^{1*, 2} ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received: October 9, 2018
Revised: November 5, 2018
Accepted: November 30, 2018

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการนำวัสดุทางสิ่งทอไปใช้ในงานดินสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในระบบขนส่งทางรางรถไฟ ผ้าไม่ทอสามตัวอย่างเตรียมด้วยเครื่องสางใยและกระบวนการยัดดัดทางกลด้วยเครื่องปักเข็ม ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 200 – 600 กรัมต่อตารางเมตร และมีความหนาประมาณ 2 – 7 มิลลิเมตร ผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนักมากที่สุด คือ 609.8 กรัมต่อตารางเมตร และมีความหนามากที่สุด คือ 6.76 มิลลิเมตร มีค่าการทนต่อแรงดึงและแรงฉีกสูง แต่มีสมบัติการซึมผ่านของอากาศและน้ำต่ำ เมื่อนำผ้าไม่ทอทั้งสามตัวอย่างและผลิตภัณฑ์สิ่งทอโยธาไปทำการทดสอบในงานดินด้วยการทดสอบ ซี บี อาร์ พบว่า การวางวัสดุสิ่งทอเหล่านี้ในระหว่างชั้นดิน ทำให้การต้านแรงกดอัดของดินมีค่าต่ำลง อย่างไรก็ตาม พบว่าค่า ซี บี อาร์ ของชั้นดินที่มีการวางตัวอย่างผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนักมากที่สุดมีค่าสูงกว่าค่า ซี บี อาร์ ของชั้นดินที่มีการวางตัวอย่างผลิตภัณฑ์สิ่งทอโยธาประมาณ 87 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือ ชั้นดินที่มีตัวอย่างผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนักมากที่สุดจากงานวิจัยนี้ สามารถทนแรงกดอัดได้มากกว่าชั้นดินที่มีผลิตภัณฑ์สิ่งทอโยธาที่ใช้งานจริง

คำสำคัญ: ผ้าไม่ทอ แผ่นใยสังเคราะห์ สิ่งทอเทคนิค สิ่งทอโยธา ซี บี อาร์

Different Geotextiles in Soil for Railway Construction Application

Wichuda Chanprapanon^{1*} and Nithinart Chitpong²
wichuda.c@en.rmutt.ac.th^{1*}, nithinart_c@rmutt.ac.th²

^{1*,2} Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received: October 9, 2018
Revised: November 5, 2018
Accepted: November 30, 2018

Abstract

This research aimed to study the use of different geotextiles in soil for railway construction application. Three nonwovens were produced by carding followed by needlepunching and then were compared to commercial geotextile. The fabric weight of three nonwovens was around 200 to 600 gram per square meter (gsm) and the thickness of them was typically 2 to 7 millimeter (mm). Nonwoven having the heaviest in fabric weight of 609.8 gsm and the thickest of 6.76 mm exhibited the highest in both of tensile strength and bursting strength but had the slightest in hydraulic properties both of air permeability and water permeability. In addition, three nonwovens and the commercial geotextile were performed in a laboratory California Bearing Ratio (CBR) test to investigate the behavior of reinforced soil with different materials. The results showed that the stress of each penetration of soil was not improved with the inclusion of each material. However, CBR value of the soil with the heaviest nonwoven were higher than that of the soil with commercial geotextile about 87%. Therefore, the introduction of the heaviest nonwoven reinforcement in soil enhanced the bearing capacity compared to the placing of commercial geotextile in soil.

Keywords: nonwoven, geosynthetics, technical textiles, geotextile, CBR

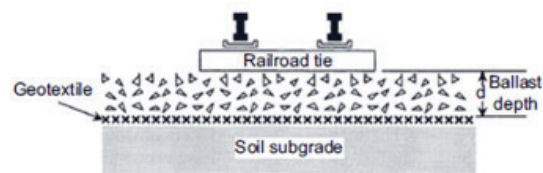
1. บทนำ

ในปัจจุบันสิ่งทอเทคนิค (Technical textiles) หรือสิ่งทออุตสาหกรรม (Industrial textiles) เป็นอุตสาหกรรมที่เติบโตเร็วที่สุดในวงการอุตสาหกรรมสิ่งทอ ยกตัวอย่างเช่น ผ้าอ้อมเด็ก ถุงนอน บอลลูกน เส้นด้ายในยางรถยนต์ กรอบแว่นกันแดด แผ่นควบคุมการพังทลายของหน้าดิน เป็นต้น เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ของสิ่งทอที่มีการปรับปรุงให้มีสมบัติและสมรรถนะทางด้านเทคนิคมากกว่ารูปร่างที่ปรากฏหรือคุณลักษณะด้านความสวยงาม ผลิตภัณฑ์ของสิ่งทอเทคนิคเหล่านี้แยกตามลักษณะของงานที่ใช้ [1] เช่น สิ่งทอทางการเกษตร (Agrotech) สิ่งทอทางการแพทย์ (Medtech) สิ่งทอทางการก่อสร้าง (Buildtech) สิ่งทอในยานยนต์ (Mobitech) สิ่งทอทางกีฬาและนันทนาการ (Sporttech) สิ่งทอในบรรจุภัณฑ์ (Packtech) เป็นต้น ทั้งนี้รวมถึงสิ่งทอโยธาหรือสิ่งทอทางธรณีหรือจีโอเทค (Geotech or geotextile) ที่นำมาใช้ทางด้านธรณีและวัสดุทางด้านวิศวกรรมโยธาด้วย

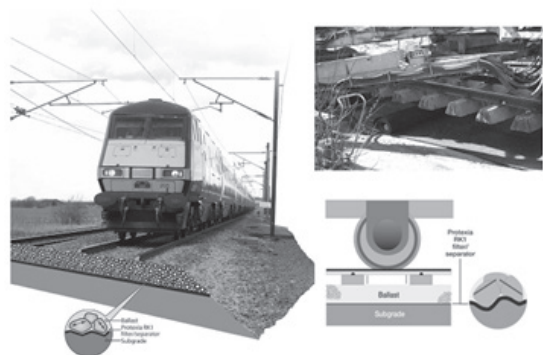
สิ่งทอโยธา คือ ผืนผ้าซึ่งหมายความว่ารวมถึงผ้าทอ (Woven fabric) ผ้าถัก (Knitted fabric) ผ้าไม่ทอ (Nonwoven fabric) และผ้าเชิงประกอบ (Composite fabric) ที่น้ำสามารถซึมผ่านได้เพื่อนำมาใช้ทางด้านธรณีวิทยา ได้แก่ ดิน หิน พื้นโลก และสิ่งก่อสร้างทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับพื้น เช่น การวางกั้นระหว่างพื้นดินกับท่อ หินฐานเขื่อน หรือผนังสำหรับการระบายออกของน้ำและยึดตัวดินให้คงรูปอยู่เพื่อเพิ่มความแข็งแรง การเสริมแรงในแนวตั้งและชายฝั่ง การสร้างฐานของถนนชั่วคราว ถนนที่ถาวรและทางด่วน และใช้ป้องกันการกัดเซาะของดินบริเวณฝั่งแม่น้ำและทางทะเล เป็นต้น [1, 2]

สิ่งทอโยธาสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในระบบราง (Railroad applications) [2-3] โดยที่

สิ่งทอโยธาจะทำหน้าที่ในการแบ่งชั้น (Separation) วัสดุระหว่างชั้นดินออกจากหินคลุก (Ballast) ในกรณีที่เป็นการสร้างระบบรางใหม่ หรือแบ่งชั้นระหว่างหินคลุกเก่าและหินคลุกใหม่ ในกรณีที่เป็นการปรับปรุงระบบรางเก่า [2-4] ดังแสดงในรูปที่ 1 และตัวอย่างการใช้ผลิตภัณฑ์ทางการค้า Protexia RK1 เป็นตัวแบ่งชั้นในระบบราง [5] ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 1 ลักษณะการวางสิ่งทอโยธาในระบบราง [3]



รูปที่ 2 การใช้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอโยธา Protexia RK1 ในระบบราง [5]

สิ่งทอโยธาช่วยเสริมความแข็งแรง (Reinforcement) กับชั้นฐานดิน ทั้งยังทำหน้าที่เป็นตัวกรอง (Filtration) เพื่อป้องกันการฟุ้งของเนื้อดินอันเนื่องจากการเพิ่มระดับของน้ำ และสามารถทำหน้าที่ในการระบายน้ำ (Drainage) โดยมีทิศทางการไหลในแนวระนาบ อย่างไรก็ตาม การนำสิ่งทอโยธาไปใช้ในระบบรางยังไม่มีข้อกำหนดที่แน่ชัดถึงวัสดุหรือโครงสร้างของสิ่งทอโยธา แต่พบว่าผ้าไม่ทอชนิดเข็มปรุที่มีน้ำหนักมากจะตรงตามสมบัติที่จะนำไปใช้ในการ

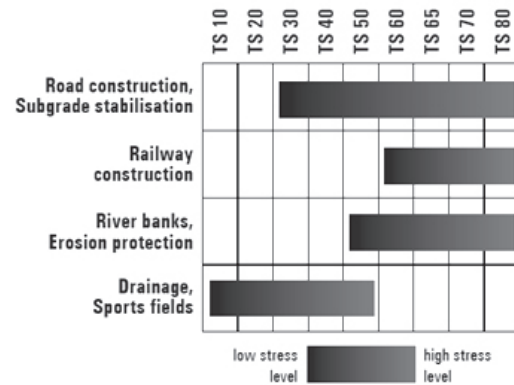
ปูใต้หินคลุก เนื่องจากมีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นตัวสูง (Flexibility) ซึ่งจำเป็นเมื่อนำไปใช้ปูใต้หินคลุกที่มีขนาดและลักษณะแตกต่างกัน และมีคุณสมบัติที่สามารถระบายน้ำได้ดี (In-plane drainage or transmissivity) ตามลักษณะรูปพรรณจากโครงสร้างผ้า [2] นอกจากนี้ สิ่งทอโธยาก็ยังมีคุณสมบัติทางด้านการเสริมแรงและความเหนียวอีกด้วย

Ashpiz และคณะ [6] ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงและซ่อมแซมรางรถไฟสาย St.Petersburg – Moscow ประเทศรัสเซีย เพื่อให้รองรับการรถไฟความเร็วสูง โดยการเคลื่อนย้ายหินคลุกเก่าที่มีการปนเปื้อนกับชั้นดินออกมาทำความสะอาดและนำกลับเข้าไปใส่เหมือนเดิม หลังจากที่มีการปูสิ่งทอโธยา Tytar® R3857 เป็นผ้าไม่ทอที่ถูกอัดด้วยความร้อนทำจากเส้นใยพอลิโพรพิลีน โดยทำหน้าที่ในการแบ่งชั้นวัสดุและการปรับพื้นให้คงตัวพบว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไป 5 ปี สิ่งทอโธยาที่ถูกวางลงไปนั้นยังคงสภาพที่ดีและคงประสิทธิภาพในการแบ่งชั้นวัสดุ โดยดูได้จากการปนเปื้อนของหินคลุก สิ่งทอโธยามีความเสียหายเพียงเล็กน้อยซึ่งไม่มีผลอะไรต่อระบบพื้นทางรถไฟ

Christopher [4] กล่าวถึงการนำสิ่งทอโธยามาใช้แบ่งชั้นวัสดุของหินคลุกในงานระบบรางว่าควรจะเป็นผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนักระหว่าง 300 – 500 กรัมต่อตารางเมตร (gsm) เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักของโครงสร้างระบบรางรถไฟได้ นอกจากนี้ ผ้าทอที่มีค่าความแข็งแรงและความเหนียวสูงก็เหมาะที่จะนำมาใช้งานในด้านนี้เช่นกัน

ผู้ประกอบการด้านระบบราง ProRail นำเอาผลิตภัณฑ์สิ่งทอโธยา ชื่อทางการค้าว่า TenCate Polyfelt® เป็นผ้าไม่ทอที่ทำจากพอลิโพรพิลีนที่มีการใส่สารเติมแต่งป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตไปทำการซ่อมแซมพื้นทางรถไฟที่ประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยทำหน้าที่หลักเป็นตัวแบ่งชั้นวัสดุในโครงสร้างพื้นทาง ซึ่งสามารถ

ทำงานได้ดี และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม [7] ผลิตภัณฑ์สิ่งทอโธยา TenCate Polyfelt® มีหลายเกรด ซึ่งเหมาะกับการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ลักษณะการนำไปใช้งานของผลิตภัณฑ์สิ่งทอโธยา TenCate Polyfelt® แต่ละเกรด [8]

จากข้อมูลข้างต้น จึงเกิดแนวคิดที่จะศึกษาการนำเอาสิ่งทอโธยามาใช้ในระบบรางรถไฟ โดยใช้กระบวนการผลิตผ้าไม่ทอผลิตผ้าให้มีน้ำหนักที่ต่างกัน แล้วนำไปทดสอบสมบัติของผ้าไม่ทอ รวมทั้งทดสอบการนำเอาผ้าไม่ทอนี้ไปใช้งานดิน

2. วิธีการทดลอง

ในการดำเนินโครงการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การเตรียมผ้าไม่ทอจากเส้นใยพอลิเอสเตอร์ชนิดสั้นเพื่อใช้เป็นสิ่งทอโธยา การทดสอบและเปรียบเทียบสมบัติของสิ่งทอโธยาจากกระบวนการผลิตในงานวิจัยกับผลิตภัณฑ์สิ่งทอโธยา และการทดสอบการนำสิ่งทอโธยาไปใช้งานดิน

2.1 การเตรียมผ้าไม่ทอ

เตรียมผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนักแตกต่างกัน 3 ระดับ เริ่มต้นจากการเปิดเส้นใยพอลิเอสเตอร์ชนิดสั้น เพื่อให้เส้นใยเกิดการกระจายตัวได้ดี

แล้วนำเข้าเครื่องสางใย (Carding machine) เพื่อผลิตเป็นแผ่นเส้นใย โดยทำซ้ำ 2-3 ครั้ง เพื่อให้มีการเรียงตัวอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นนำแผ่นเส้นใยไปผ่านกระบวนการยัดติดแผ่นเส้นใย ด้วยเครื่องปักเข็ม (Needlepunching machine) เพื่อช่วยเพิ่มการยึดเกาะให้กับโครงสร้างของแผ่นเส้นใย

2.2 การทดสอบสมบัติของผ้าไม่ทอ

ทดสอบสมบัติต่างๆ ของผ้าไม่ทอจากการเตรียมในงานวิจัย และผลิตภัณฑ์สิ่งทอโยธาของ TenCate Polyfelt®TS60 ดังนี้

- น้ำหนักของผ้าไม่ทอ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D3776-09a
- ความหนาของผ้าไม่ทอ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D1777-96
- ความต้านทานแรงดึงของผ้าไม่ทอ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D5035-11
- ความต้านทานต่อแรงดันทะลุของผ้าไม่ทอ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D6797-15
- การซึมผ่านของอากาศ (Air permeability) ของผ้าไม่ทอ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D737-04
- การซึมผ่านของน้ำ (Water permeability) ของผ้าไม่ทอ ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 8096-05

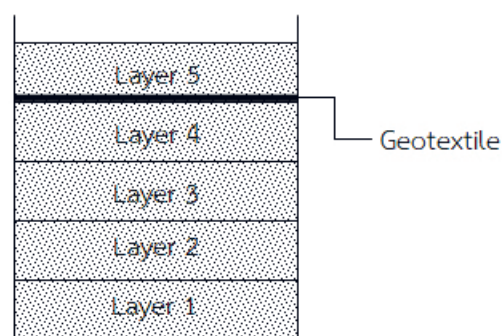
การทดสอบความแข็งแรงและการทดสอบการซึมผ่านของผ้าไม่ทอนั้นทดสอบที่บริษัท อินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอร์วิสเอส (ประเทศไทย) จำกัด

2.3 การทดสอบผ้าไม่ทอในงานดิน

การทดสอบผ้าไม่ทอในงานดิน ทดสอบเพื่อหาค่า ซี บี อาร์ (California Bearing Ratio: CBR) ตามมาตรฐานวิธีทดสอบแบบไม่แช่น้ำ (Unsoaked) ตามมาตรฐานวิธีทดลอง ASTM D1883 ที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

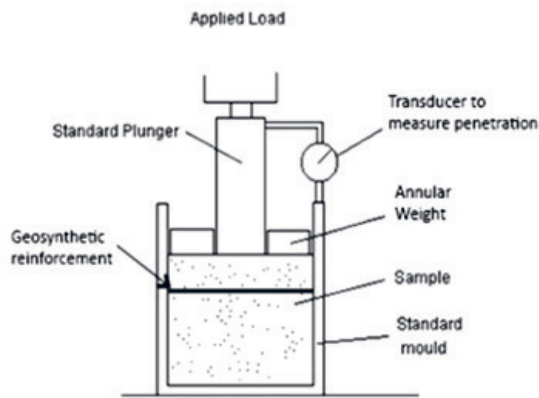
เริ่มต้นเตรียมดินตัวอย่าง โดยนำดินลูกรังไปผ่านการบดอัดเพื่อทำให้เม็ดดินเป็ดตัวชิดกัน จากนั้นร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 และนำไปหาความชื้นที่ความหนาแน่นสูงสุด (Optimum moisture content) โดยวิธี Modified Proctor method

จากนั้นเตรียมโมลสำหรับการใช้ในการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4 โดยนำดินลูกรังที่ผ่านการบดอัดในปริมาณที่กำหนดไว้ไปอัดให้แน่นในโมลที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว สูง 7 นิ้ว โดยเริ่มจากการอัดดินลูกรัง 4 ใน 5 ส่วนของความสูงของโมล แล้ววางตัวอย่างผ้าไม่ทอ และอัดดินลูกรังในโมลส่วนที่เหลือ



รูปที่ 4 ลักษณะการแบ่งชั้นโมลเพื่ออัดดินลูกรังและวางผ้าไม่ทอ

จากนั้นนำโมลที่มีการอัดดินและวางชั้นตัวอย่างไปทำการทดสอบแรงกดแสดงดังรูปที่ 5 โดยจัดวางโมลที่เตรียมไว้เข้าเครื่องกดทดลอง ซึ่งมีแท่งเหล็ก (Piston) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพื้นที่หน้าตัด 3 ตารางนิ้วประกอบติดอยู่ จัดการ Load ในอัตรา 0.05 นิวตันต่อวินาที พร้อมกับอ่านค่าน้ำหนักที่ตรงกับการตอก (Penetration) ระยะต่างๆ แล้วนำไปหาอัตราส่วนเปรียบเทียบกับค่า Unit load มาตรฐานที่ได้จากการทดลองกดแท่งเหล็กขนาดเดียวกันนี้บนหินที่อัดแน่นที่มีความลึกของ Penetration เท่ากัน ค่าที่ได้นี้เรียกว่า “เปอร์เซ็นต์ CBR” เทียบอัตราส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ของ Standard Unit load



รูปที่ 5 ส่วนประกอบของเครื่องทดสอบ CBR [9]

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการเตรียมผ้าไม่ทอ

จากการเตรียมผ้าไม่ทอด้วยเส้นใยพอลิเอสเตอร์ได้ผ้าไม่ทอที่มีลักษณะพองฟูและมีความหนาตามลักษณะของผ้าไม่ทอที่มีการยัดดัดโดยใช้เครื่องเข็มปรุ ต่างกับผลิตภัณฑ์สิ่งทอใยตา TenCate Polyfelt®TS60 ซึ่งใช้วัตถุดิบต่างชนิด และใช้กระบวนการผลิตที่ต่างกัน น้ำหนักและความหนาของผ้าไม่ทอแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ น้ำหนักและความหนาของผ้าไม่ทอ

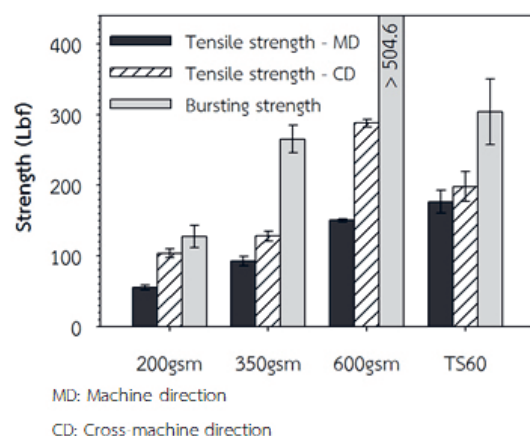
ผ้าไม่ทอ	น้ำหนัก (gsm)	ความหนา (mm)
200gsm	221.3 ± 2.2	2.44 ± 0.04
350gsm	363.8 ± 4.8	4.58 ± 0.02
600gsm	609.8 ± 5.8	6.76 ± 0.08
TS60	225.9 ± 50.8	1.88 ± 0.03

เมื่อเปรียบเทียบผ้าไม่ทอทั้งสามตัวอย่าง 600gsm มีค่าน้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 609.8 gsm และมีความหนา เท่ากับ 6.76 mm ส่วน 200gsm มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับ 221.3 gsm และบางที่สุดเท่ากับ 2.44 mm ตามลำดับ ซึ่งทั้งน้ำหนัก

และความหนาของ 200gsm นั้นมีค่าน้อยกว่า 600gsm เกือบ 3 เท่า นั่นคือ ความหนาของผ้าไม่ทอจากการเตรียมด้วยวิธีการยัดดัดทางกลแบบเข็มปรุจะเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักของแผ่นเส้นใยจากกระบวนการเตรียมแผ่นเส้นใย

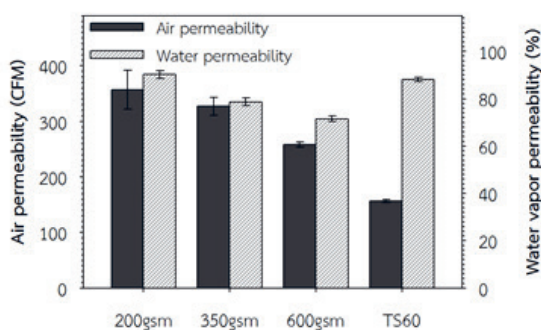
3.2 ผลการทดสอบสมบัติของผ้าไม่ทอ

ความแข็งแรงของผ้าไม่ทอทั้งความต้านทานต่อแรงดึง และความต้านทานต่อแรงดันทะลุแสดงดังรูปที่ 6 พบว่า 600gsm มีค่าความต้านทานต่อแรงดึงทั้งสองทิศทางมากที่สุด รองลงมาคือ 350gsm และ 200gsm ตามลำดับ เนื่องจาก 600gsm มีความหนาแน่นของเส้นใยมากที่สุดโดยพิจารณาจากค่าน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของผ้าไม่ทอ ผลการทดสอบความต้านทานต่อแรงดันทะลุมีแนวโน้มเหมือนกับผลการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง อย่างไรก็ตาม ไม่สามารถทดสอบเพื่อหาค่าแรงดันทะลุของ 600gsm ได้ เนื่องจากเกินความสามารถของเครื่องทดสอบ นั่นคือ น้ำหนักของผ้าไม่ทอส่งผลอย่างมากต่อความแข็งแรงของผ้าไม่ทอ ผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนักมากจะมีความแข็งแรงมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 6 ความแข็งแรงต่อแรงดึงและแรงดันทะลุของผ้าไม่ทอ

ผลการซึมผ่านของอากาศและการซึมผ่านของน้ำของผ้าไม่ทอแสดงดังรูปที่ 7 พบว่า 200gsm มีค่าการซึมผ่านของอากาศมากที่สุด นั่นคือ อากาศสามารถไหลผ่านผ้าไม่ทอตัวอย่างนี้ได้มากที่สุด เนื่องจาก 200gsm เป็นผ้าไม่ทอที่มีกระบวนการยัดติดเชิงกลแบบเข็มปรูที่เส้นใยจะมีการยัดติดทางกายภาพเท่านั้นในลักษณะที่มีการพันกัน เป็นผลมาจากการเจาะของเข็มทะลุลงบนแผ่นเส้นใยแล้วเกี่ยวเอาเส้นใยขึ้นมาพัน จึงทำให้ผ้าไม่ทอที่กระบวนการนี้มีโครงสร้างที่ฟูและมีรูพรุนมาก รองลงมาคือ 350gsm และ 600gsm ตามลำดับ TS60 ให้ค่าการซึมผ่านของอากาศต่ำที่สุด จะเห็นได้ว่า น้ำหนักของผ้าไม่ทอมีผลต่อความสามารถในการซึมผ่านของอากาศของผ้าไม่ทอ นั่นคือ เมื่อน้ำหนักของผ้าไม่ทอสูงขึ้นจะส่งผลให้ความสามารถในการซึมผ่านของอากาศของผ้าไม่ทอลดลง หมายความว่า จะทำให้ผ้าไม่ทอนั้นต้านทานการไหลของอากาศ อันเนื่องมาจากจำนวนของเส้นใยและความหนาแน่นของผ้าไม่ทอนั้นมีค่ามากขึ้น [10]



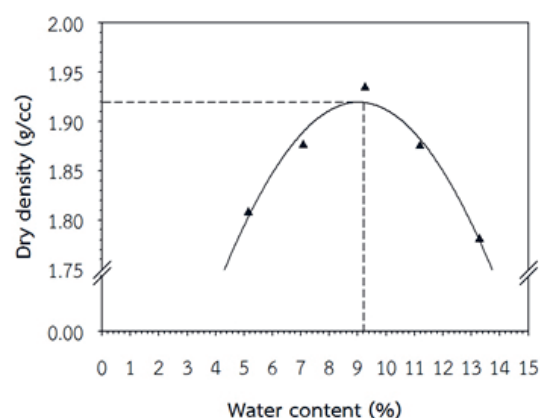
รูปที่ 7 การซึมผ่านของอากาศและน้ำของผ้าไม่ทอ

เมื่อพิจารณาความสามารถในการซึมผ่านของน้ำของผ้าไม่ทอพบว่า 200gsm มีความสามารถในการซึมผ่านของน้ำได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม่ทอชนิดเดียวกัน นั่นคือ 200gsm สามารถยอมให้น้ำไหลผ่านมากที่สุด

ซึ่งเป็นสมบัติที่ดีของการนำผ้าไม่ทอไปใช้ในงานโยธาโดยเฉพาะในงานดิน รองลงมาคือ 350gsm และ 600gsm ตามลำดับ ซึ่งให้แนวโน้มเดียวกับความสามารถในการซึมผ่านของอากาศของผ้าไม่ทอ อย่างไรก็ตาม TS60 มีความสามารถในการไหลผ่านของน้ำรองจาก 200gsm เนื่องมาจากความบางของผ้าไม่ทอ ทำให้น้ำใช้เวลาในการไหลผ่านสั้นกว่าผ้าไม่ทอที่มีความหนา

3.3 ผลการทดสอบผ้าไม่ทอในงานดิน

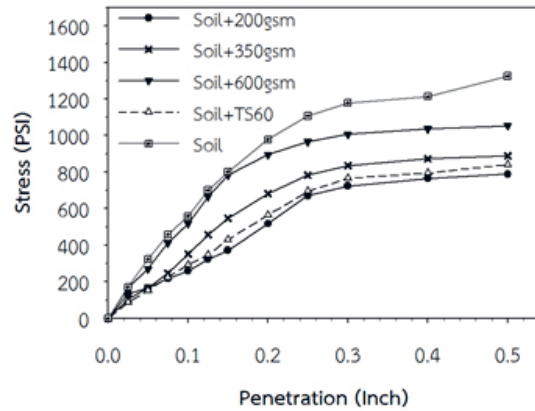
จากการนำดินลูกรังมาผ่านการบดอัดด้วยผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 3/4 โดยวิธี Modified Proctor method แล้วสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดิน (Water content) และความหนาแน่นของดินแห้ง (Dry density) พบว่าความหนาแน่นสูงสุดของดินแห้ง เท่ากับ 1.92 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cc) และความชื้นที่ความหนาแน่นสูงสุด (Optimum water content) เท่ากับ 9.1% แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับความหนาแน่นแห้งของดินลูกรังที่ผ่านการบดอัด

หลังจากนั้นนำผ้าไม่ทอไปใช้ในงานดินโดยทดสอบ CBR แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดที่ระยะต่างๆ ดังรูปที่ 9 พบว่า ตัวอย่างที่มีการนำผ้าไม่ทอทั้งสามตัวอย่างรวมทั้ง TS60 ทำให้แรงต้านทานต่อแรงกดลดลง ซึ่งโดยปกติแล้ว

การนำสิ่งทอโธธาไปวางในชั้นดินนั้น จะช่วยเพิ่มแรงต้านทานต่อแรงกด จากงานวิจัยของ Kumar และ Rajkumar แสดงให้เห็นการเพิ่มขึ้นของแรงต้านทานแรงกดในการทดสอบ CBR เมื่อนำสิ่งทอโธธาชนิดผ้าทอและสิ่งทอโธธาชนิดผ้าไม่ทอจากเส้นใยพอลิโพรพิลีนไปวางระหว่างชั้นดิน [11] นอกจากนี้ ยังพบการเพิ่มขึ้นของแรงต้านทานแรงกดในลักษณะเดียวกัน เมื่อนำผ้าไม่ทอชนิดเข็มปรุผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ น้ำหนัก 1087 gsm และ 1215 gsm ไปวางระหว่างชั้นดินในการทดสอบ CBR [12] ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า น้ำหนักของผ้าไม่ทอสามตัวอย่างที่ผลิตจากงานวิจัยนี้อาจจะน้อยเกินไปที่จะไปช่วยเสริมแรงในการใช้งานในดิน อย่างไรก็ตาม แนวโน้มของการลดลงของแรงกดที่ระยะต่างๆ เมื่อวางผ้าไม่ทอลงไปในพื้นที่ดินนั้นได้มีการรายงานในงานวิจัยของ Naeini และ Mirzakhaniari ซึ่งพบว่าการใช้ผ้าไม่ทอจากเส้นใยพอลิโพรพิลีนวางในตำแหน่งต่างๆ ของโมลที่อัดด้วยดินที่มีความหนาแน่นสูงสุดของดินแห้ง เท่ากับ 1.98 g/cc และความชื้นที่ความหนาแน่นสูงสุด เท่ากับ 6.5% ทำให้แรงต้านทานการกดอัดลดลง แต่เมื่อนำไปวางกับโมลที่อัดด้วยดินที่มีความหนาแน่นสูงสุดของดินแห้ง เท่ากับ 2.31 g/cc และความชื้นที่ความหนาแน่นสูงสุด เท่ากับ 7.2% สามารถเพิ่มแรงต้านทานการกดอัด [13] ดังนั้น นอกจากชนิดและน้ำหนักของสิ่งทอโธธา ชนิดของดินและการบดอัดก็ส่งผลต่อผลการทดสอบ CBR เช่นกัน



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดที่ระยะต่างๆ จากการทดสอบ CBR

เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างที่มีการวางผ้าไม่ทอสามตัวอย่างพบว่า Soil+600gsm มีค่าต้านทานแรงกดมากที่สุด รองลงมาคือ Soil+350gsm และ Soil+200gsm ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักของผ้าไม่ทอชนิดเข็มปรุที่นำไปวางในชั้นดินมีผลต่อการต้านทานแรงกดจากการทดสอบ CBR ผ้าไม่ทอชนิดเข็มปรุที่มีน้ำหนักมากจะสามารถเสริมแรงกับชั้นดินได้มากกว่าผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนักเบา ซึ่งเป็นไปตามงานวิจัยที่ค้นพบการเพิ่มขึ้นของแรงต้านทานแรงกดเมื่อนำผ้าไม่ทอชนิดเข็มปรุผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ น้ำหนัก 1,087 gsm และน้ำหนัก 1,215 gsm ไปวางระหว่างชั้นดิน [13] สำหรับ Soil+60TS มีค่าความต้านทานแรงกดต่ำกว่า Soil+600gsm และ Soil+350gsm แต่สูงกว่า Soil+200gsm เพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักของผ้าไม่ทอและชนิดของการยึดติดแผ่นเส้นใย ส่งผลต่อการเสริมแรงเมื่อนำไปใช้งานในชั้นดิน

เนื่องจาก TS60 เป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอโธธาที่ใช้ในงานจริง จึงนำค่า CBR ของตัวอย่างที่มีการวางผ้าไม่ทอมาริเคราะห์เทียบกับค่า CBR ของตัวอย่างที่มีการวาง TS60 แสดงดังตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า Soil+600gsm มีการเพิ่มขึ้นของค่า CBR ถึง 87% เมื่อเทียบกับ Soil+TS60 ดังนั้น

ผ้าไม่ทอชนิดเข็มปรุที่มีน้ำหนักมาก สามารถที่จะนำมาใช้งานแทน TS60 ในงานโยธาได้

ตารางที่ 2 ค่าร้อยละของ CBR ของแต่ละตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ค่า CBR (%)	อัตราการเพิ่มขึ้นของค่า CBR เทียบกับ Soil+TS60 (%)
Soil+200gsm	25.9	-6
Soil+350gsm	33.5	21
Soil+600gsm	51.8	87
TS60	27.7	-
Soil	59.5	-

4. สรุป

ผ้าไม่ทอสามตัวอย่างเตรียมด้วยกระบวนการสางใยและกระบวนการยัดติดด้วยเข็มปรุ ได้ผ้าไม่ทอที่มีลักษณะพองฟูที่มีน้ำหนักต่างกันในช่วง 200 – 600 กรัมต่อตารางเมตร และมีความหนาในช่วง 2 – 7 มิลลิเมตร

น้ำหนักของผ้าไม่ทอชนิดเข็มปรุส่งผลต่อความแข็งแรงทั้งต่อแรงดึงและแรงดันทะลุ โดยผ้าไม่ทอชนิดเข็มปรุที่มีน้ำหนักมาก จะมีความแข็งแรงมากตามไปด้วย แต่ยอมให้อากาศและน้ำซึมผ่านลดลง นั่นคือ ผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนักมากที่สุด คือ 609.8 กรัมต่อตารางเมตร มีความแข็งแรงสูงสุด แต่ยอมให้อากาศและน้ำซึมผ่านต่ำที่สุด

เมื่อนำผ้าไม่ทอวางในชั้นดินและทดสอบ CBR พบว่า การวางผ้าไม่ทอทั้งผ้าไม่ทอที่เตรียมขึ้นและผลิตภัณฑ์สิ่งทอโยธา TenCate Polyfelt®TS60 ในชั้นดิน ทำให้แรงต้านทานการกดอัดของดินลดลง อาจเป็นเพราะชนิดของดินและการกดอัดดินไม่แน่นพอ และอาจเกิดจากผ้าไม่ทอชนิดเข็มปรุมีน้ำหนักและความหนาแน่นที่น้อยเกินไป อย่างไรก็ตาม เมื่อเทียบลักษณะ

การใช้งานในดินระหว่างผ้าไม่ทอชนิดเข็มปรุกับผลิตภัณฑ์สิ่งทอโยธา พบว่า ผ้าไม่ทอชนิดเข็มปรุที่มีน้ำหนักมากที่สุด คือ 609.8 กรัมต่อตารางเมตร ทำให้แรงต้านทานการกดอัดในดินเพิ่มขึ้นถึง 87% ดังนั้น ผ้าไม่ทอชนิดเข็มปรุที่มีน้ำหนักมากในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ในงานโยธาในลักษณะที่ผลิตภัณฑ์สิ่งทอโยธาดังกล่าวถูกใช้งานได้เช่นกัน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิจัยประเภทงบประมาณรายจ่าย งบประมาณปี 2560 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในการสนับสนุนทุนการวิจัยหลัก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือในการทดสอบผ้าไม่ทอในงานดิน และภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ในการทำงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Hemmachandra K. Technical Textiles. Bangkok: Offset Creations Co.,Ltd. 2006. (in Thai)
- [2] Koerner RM. Designing with geosynthetics Vol. 1. 6th ed. Kentucky: Xlibris Corporation. 2014.
- [3] Koerner RM. Chapter 11 geotextile used in separation. In: Koerner RM, editor. Geotextile from Design to Applications. Cambridge: Woodhead Publishing. 2016. p. 241–256.

- [4] Christopher BR. Chapter 14 geotextiles used in reinforcing paved and unpaved roads and railroads. In: Koerner RM, editor. Geotextile from Design to Applications. Cambridge: Woodhead Publishing. 2016. p. 305–335.
- [5] Rail Design Support Manual. cited 2016 October 21. Available from www.geofabrics.com
- [6] Ashpiz ES, Diederich R, Koslowski C. The use of spunbonded geotextile in railway track renewal St. Petersburg-Moscow. Proceeding of 7th International Conference on Geosynthetics, Nice, France, 2002. p. 1173-1176.
- [7] TenCate Polyfelt® in Dutch Rail Renovation. cited 2016 January 5. Available from www.tencate.com/txtures/winter-2011/TenCate-Polyfelt-in-Dutch-rail-renovation.aspx
- [8] Polyfelt® TS – Separation & Filtration Nonwovens. cited 2016 January 5. Available from <https://www.buildsite.com/pdf/tcmirafi/TenCate-Polyfelt-TS-Product-Data-1540984.pdf>
- [9] Adam C, Apraku E, Opuku-Boahen R. Effect of triaxial geogrid reinforcement on CBR strength of natural gravel soil for road pavements. Journal of Civil Engineering Research. 2015;5(1): 45-51.
- [10] Çinçik E, Koç E. An analysis on air permeability of polyester/viscose blended needle-punched nonwovens. Text. Res. J. 2011;82(5): 430-442.
- [11] Kumar PS, Rajkumar R. Effect of geotextile on CBR strength of unpaved road with soft subgrade. Electronic Journal of Geotechnical Engineering. 2012;17: 1355-1363.
- [12] Kumar PS, Devi SP. Effect of needle punched nonwoven coir and jute geotextile on CBR strength of soft subgrade. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2011;6(11): 114-116.
- [13] Naeini SA, Mirzakhani M. The effect of geotextile grading on the bearing ratio of granular soils. Electronic Journal of Geotechnical Engineering. 2008;13: 1-10.