



BEHAVIOR OF THE BASE COURSE REINFORCED WITH GEOGRID

The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage

พฤติกรรมของชั้นพื้นทางเมื่อเสริมแรงด้วยตาข่ายเสริมแรง
BEHAVIOR OF THE BASE COURSE REINFORCED WITH GEOGRID

ขวัญหทัย ทรงศรี¹ และวัชรินทร์ กาสลัก²

¹นักศึกษาปริญญาโท, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²รองศาสตราจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการลดการเกิดร่องล้อของผิวจราจรซึ่งเป็นปัญหาที่พบมากในผิวจราจรแบบยืดหยุ่นของถนนในประเทศไทย อาจเนื่องจากการควบคุมน้ำหนักบรรทุกของยานพาหนะไม่ได้ หรืออาจเกิดจากปัญหาการควบคุมคุณภาพในงานก่อสร้าง การลดการเกิดร่องล้อในงานวิจัยนี้ใช้วิธีเสริมชั้นพื้นทางด้วยตาข่ายเสริมแรง โดยการทดสอบแบบจำลองของชั้นพื้นทางธรรมดา เพื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่มีการเสริมด้วยตาข่ายเสริมแรง 4 รุ่น ซึ่งมีขนาดของรูเปิดและกำลังของวัสดุแตกต่างกัน แบบจำลองมีขนาด 40x45 เซนติเมตร ใช้หินคลุกเป็นชั้นพื้นทางหนา 5 เซนติเมตร รองด้วยทรายหนา 15 เซนติเมตร เสริมตาข่ายที่รอยต่อระหว่างหินคลุกกับทราย ทดสอบการรับน้ำหนักจากล้อโดย Immersion Wheel Tracking Machine วัดค่าการทรุดตัวของแบบจำลอง 21 จุด เมื่อล้อวิ่งบนแบบจำลอง 50, 100, 200, 300, 400, 500, 700, 900, 1100, 1300 และ 1500 รอบ ทั้งนี้ความเค้นที่ล้อกระทำต่อแบบจำลองคือ 139, 163 และ 184 ปาสคาล

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าตาข่ายเสริมแรงที่มีรูตาข่ายขนาดเล็กมีประสิทธิภาพในการลดการเกิดร่องล้อ สูงกว่าตาข่ายที่มีรูใหญ่ และในกรณีที่มีรูตาข่ายเท่ากัน ตาข่ายที่มีความแข็งแรงสูงกว่า มีประสิทธิภาพในการลดการเกิดร่องล้อสูงกว่าตาข่ายที่มีความแข็งแรงต่ำ

ABSTRACT

The objective of this research is to study the reduction of pavement rutting. Rutting is the damage usually found in flexible pavement of highway in Thailand due to the too high of vehicle weight and the problem of construction quality. Geogrid was used to reduce the rutting in the research run by Immersion Wheel Tracking Machine. Five 40x45 cm models with the upper layer of 5-cm crushed rock and the lower layer of 15-cm sand were tested. A model was unreinforced, the other 4 models were reinforced at the interface between the 2 layers by 4 types of geogrid. Deformations of each model were measured at 21 points after the wheel ran 50, 100, 200, 300, 400, 500, 700, 900, 1100, 1300 and 1500 times on the model. The wheel stresses were 139, 163 and 184 Pascal.

The results show that geogrid with the smaller pitch gave the higher efficiency in rutting reduction. In case of the same pitch size, geogrid with the higher strength gave the higher efficiency in rutting reduction.

KEYWORD: geogrid, rutting, flexible pavement

1. บทนำ

การคมนาคมขนส่งในประเทศไทยมีหลายช่องทาง เช่น การขนส่งทางบก การขนส่งทางน้ำ และการขนส่งทางอากาศ แต่โดยส่วนใหญ่แล้วประชาชนเลือกใช้การขนส่งทางบกประเภทถนน ในการเดินทางในชีวิตประจำวันหรือใช้ในการขนส่งสินค้า เพราะเป็นทางเลือกสะดวก รวดเร็ว และสามารถเข้าถึงพื้นที่ส่วนใหญ่ เมื่อมีปริมาณการใช้ถนนเพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของถนนแต่ละเส้นสั้นลง เกิดการชำรุดในกรณีของถนนที่มีผิวจราจรเป็นแอสฟัลติกคอนกรีต มักจะเสียหายโดยเกิดเป็นร่องล้อเนื่องจากหลายสาเหตุ ได้แก่ การบรรทุกหนักเกินกำหนด ปริมาณของยานพาหนะที่เพิ่มมากขึ้นตามการพัฒนาของเศรษฐกิจ การบดอัดระหว่างทำการก่อสร้างไม่สามารถรับน้ำหนักได้ตามข้อกำหนด คุณภาพของวัสดุที่ใช้ทำถนนไม่ได้มาตรฐานหรือวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างถนนที่มีคุณภาพหาได้ยากหรืออยู่ไกลจากสถานที่ก่อสร้าง

ปัจจุบันมีการออกแบบถนนให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกและยืดอายุการใช้งานให้มากขึ้น อาจกระทำโดยการปรับปรุงที่คุณภาพของวัสดุ เช่น การใส่ปูนซีเมนต์ผสมกับดินหรือหินเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและเพิ่มการยึดเกาะ การผสมกันระหว่างยางพารากับยางมะตอย และการเสริมโครงสร้างชั้นทางด้วยตาข่ายเสริมแรง (Geogrid) หรือแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) ซึ่งเป็นวัสดุที่ผลิตในโรงงานที่สามารถควบคุมคุณภาพและปริมาณการผลิตได้ตามต้องการ ใช้งานง่ายเหมาะกับงานที่มีปริมาณมาก ๆ หรือมีพื้นที่ขนาดใหญ่ ตาข่ายเสริมแรงซึ่งมีความเหนียวทำให้โครงสร้างชั้นทางรับแรงดึงและแรงเฉือนได้มากขึ้น การใช้ตาข่ายเสริมแรงในชั้นทางได้เริ่มใช้ในประเทศไทยไม่นานนัก จึงยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้การใช้งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 1 ตาข่ายเสริมแรงหกเหลี่ยม

ในการศึกษาวิจัยนี้ใช้ตาข่ายเสริมแรงหกเหลี่ยมดังรูปที่ 1 เสริมแรงให้แก่โครงสร้างชั้นทาง ตาข่ายที่ศึกษามี 4 แบบ นำมาเสริมแรงใต้ชั้นพื้นทางของแบบจำลอง โดยชั้นพื้นทางเป็นหินคลุก และรองใต้ชั้นพื้นทางด้วยทราย ทดสอบการรับน้ำหนักของล้อด้วย Immersion Wheel Tracking Machine เพื่อเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวของโครงสร้างชั้นทางที่ไม่มีการเสริมตาข่าย กับโครงสร้างชั้นทางที่เสริมด้วยตาข่าย 4 รุ่น เพื่อพิจารณาว่าในการแก้ไขปัญหาการชำรุดของถนนในลักษณะของการเกิดร่องล้อ สามารถใช้ตาข่ายเสริมแรงได้หรือไม่ และหากจะใช้ควรใช้ตาข่ายเสริมแรงแบบใด

2. การเสริมแรงในโครงสร้างชั้นพื้นทาง

ตาข่ายเสริมแรงและแผ่นใยสังเคราะห์ เป็นวัสดุที่มีความทนทานและแข็งแรง ในการใช้เสริมแรงให้แก่โครงสร้างถนนทำง่ายและรวดเร็ว ช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านแรงเฉือน และต้านการเคลื่อนตัวออกด้านข้างของวัสดุชั้นทาง

Zhussupbekov et.al (2013) ได้ศึกษาการเสริมแรงด้วยตาข่ายเสริมแรงและแผ่นใยสังเคราะห์ ให้แก่โครงสร้างชั้นพื้นทาง โดยไม่มีผิวทาง ซึ่งในการทดสอบนี้แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ แบบไม่มีการเสริมแรง แบบเสริมแรงด้วยตาข่ายเสริมแรง และแบบเสริมแรงด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ โดยแต่ละแบบทดสอบโดยให้แรงกระทำแบบวนซ้ำในลักษณะเดียวกับแรงกระทำ

ของล้อรถ โดยใช้แรง 30, 20 และ 15 กิโลกรัม การทดสอบครั้งนี้มีการวัดค่าการทรุดตัวและหน่วยแรงแบกทานสูงสุด ได้ตามค่าเฉลี่ยเสริมแรงและแผ่นใยสังเคราะห์ สรุปผลการทดสอบได้ว่า โครงสร้างชั้นพื้นทางแบบเสริมแรงด้วยตาข่ายเสริมแรงมีค่าหน่วยแรงแบกทานสูงสุดและค่าการทรุดตัวน้อยที่สุด รองลงมาคือแบบเสริมแรงด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ และแบบไม่มีการเสริมแรง ตามลำดับ

Sert and Akpinar (2011) ศึกษาคุณสมบัติของตาข่ายเสริมแรงแบบต่างๆ ได้แก่แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 30 x 30 มิลลิเมตร ขนาด 40x40 มิลลิเมตร และขนาด 50x50 มิลลิเมตร แบบหกเหลี่ยมและแบบไขว้ ปรากฏว่าตาข่ายเสริมแรงแบบหกเหลี่ยมมีค่า Bearing Ratio, Opening Ratio และ Internal Friction Angle สูงที่สุดซึ่งทำให้ตาข่ายเสริมแรงแบบหกเหลี่ยมมีค่า Shear Strength มากที่สุดด้วย

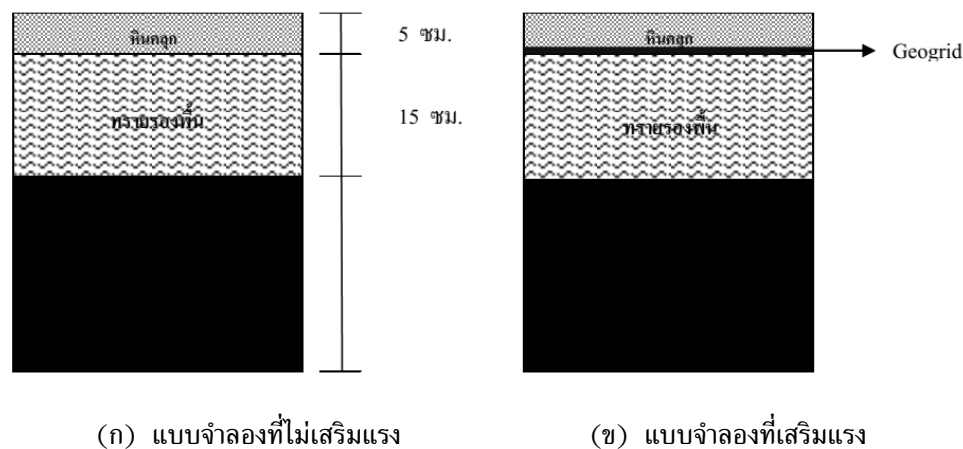
3. การทดสอบ

3.1 เครื่องทดสอบ

ในการศึกษานี้ เครื่องทดสอบที่ใช้ คือ Immersion Wheel Tracking Machine ยี่ห้อ Wessex ผลิตในประเทศอังกฤษ ใช้เพื่อทดสอบการเกิดร่องล้อของโครงสร้างชั้นทางตามมาตรฐาน ASTM Pending, BS 598 Pt 110:1996 และ prEN 12697-22

3.2 แบบจำลอง

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษามี 5 แบบคือ แบบที่ไม่เสริมแรง กับแบบที่เสริมแรงด้วยตาข่ายเสริมแรง 4 รุ่น ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบจำลองที่ใช้ในการทดสอบ

3.3 หินคลุกและทรายรองพื้น

หินคลุกและทรายรองพื้นที่ใช้ทำแบบจำลอง นำมาจากโครงการก่อสร้างทางพุทธมณฑลสาย 5 (รวมสะพานข้ามทางหลวงหมายเลข 338) แหล่งของหินคลุกคือโรงโม่หินศิลามิตรเจริญ อำเภอกู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี มีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับแหล่งของทรายคือบ่อทรายสิงห์ตันสำโรง ตำบลดอนตูม อำเภอดอนตูม จังหวัดนครปฐม มีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 คุณสมบัติหินคลุก

คุณสมบัติ	ค่าการทดสอบ
100% Modified Compaction Dry Density (g/cm^3)	2.331
95% Modified Compaction Dry Density (g/cm^3)	2.214
O.M.C. (%)	6.3
Water Content of (molding) CBR. (%)	4.9
At 95% Modified Compaction CBR. (%)	87.0

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทรายรองพื้น

คุณสมบัติ	ค่าการทดสอบ
100% Modified Compaction Dry Density (g/cm^3)	1.850
95% Modified Compaction Dry Density (g/cm^3)	1.758
O.M.C. (%)	10.6
Water Content of (molding) CBR. (%)	10.3
At 95% Modified Compaction CBR. (%)	28.0

3.4 ตาข่ายเสริมแรง

ตาข่ายเสริมแรงที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบหกเหลี่ยมซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับวัสดุชั้นพื้นทางโดยเฉพาะ โดยนำมาทดสอบทั้งหมดจำนวน 4 รุ่น ได้แก่ Tx170, Tx160, Tx150 และ Tx130s ซึ่งแต่ละรุ่นมีขนาดช่องที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 3 ถึง 6

ตารางที่ 3 คุณสมบัติตาข่ายเสริมแรงรุ่น Tx170

Performance related physical properties of the product	Product Characteristic	Unit	Declared Value
	Radial Secant Stiffness at 0.5% strain	kN/m	480
	Radial Secant Stiffness Ratio	–	0.80
	Junction Efficiency	%	100
	Hexagon Pitch	mm	80
Properties for identification of the product	Radial Secant Stiffness at 2% strain	kN/m	360
	Hexagon Pitch	mm	80
	Weight of the product	kg/m^2	0.270

ตารางที่ 4 คุณสมบัติตาข่ายเสริมแรงรุ่น Tx160

Performance related physical properties of the product	Product Characteristic	Unit	Declared Value
	Radial Secant Stiffness at 0.5% strain	kN/m	390
	Radial Secant Stiffness Ratio	–	0.80
	Junction Efficiency	%	100
	Hexagon Pitch	mm	80
Properties for identification of the product	Radial Secant Stiffness at 2% strain	kN/m	290
	Hexagon Pitch	mm	80
	Weight of the product	kg/m ²	0.220

ตารางที่ 5 คุณสมบัติตาข่ายเสริมแรงรุ่น Tx150

Performance related physical properties of the product	Product Characteristic	Unit	Declared Value
	Radial Secant Stiffness at 0.5% strain	kN/m	360
	Radial Secant Stiffness Ratio	–	0.80
	Junction Efficiency	%	100
	Hexagon Pitch	mm	80
Properties for identification of the product	Radial Secant Stiffness at 2% strain	kN/m	250
	Hexagon Pitch	mm	80
	Weight of the product	kg/m ²	0.205

ตารางที่ 6 คุณสมบัติตาข่ายเสริมแรงรุ่น Tx130S

Performance related physical properties of the product	Product Characteristic	Unit	Declared Value
	Radial Secant Stiffness at 0.5% strain	kN/m	275
	Radial Secant Stiffness Ratio	–	0.75
	Junction Efficiency	%	100
	Hexagon Pitch	mm	66
Properties for identification of the product	Radial Secant Stiffness at 2% strain	kN/m	205
	Hexagon Pitch	mm	66
	Weight of the product	kg/m ²	0.180

3.5 แบบจำลอง

แบบจำลองเพื่อทดสอบมีขนาด 45 x 40 เซนติเมตร ทำโดยการบดอัดชั้นทราย 3 ชั้น ความหนาชั้นละ 5 เซนติเมตร รวมหนา 15 เซนติเมตร สำหรับชั้นหินคลุกบดอัดชั้นเดียวหนา 5 เซนติเมตร ปริมาณและคุณสมบัติของวัสดุแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปริมาณและคุณสมบัติทรายและหินคลุกที่ใช้ในการทำแบบจำลอง

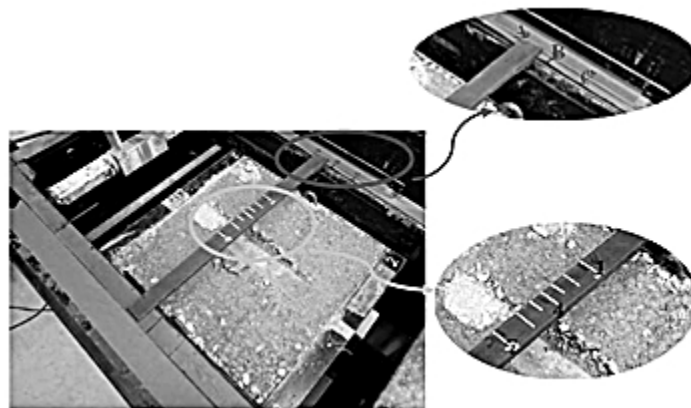
แบบจำลอง	วัสดุ	100% Modified Compaction Dry Density (g/cm ³)	O.M.C. (%)	Water Content of (molding) CBR (%)	Compaction 97%	
					น้ำหนักวัสดุ (kg)	ปริมาตรน้ำ (ml)
ไม่เสริมตาข่าย (1 ตัวอย่าง)	หินคลุก	2.331	6.3	4.9	20.81	1.07
	ทรายรองพื้น	1.850	10.6	10.3	16.20	1.86
ไม่เสริมตาข่าย (4 ตัวอย่าง)	หินคลุก	2.331	6.3	4.9	20.47	1.065
	ทรายรองพื้น	1.850	10.6	10.3	15.94	1.83

3.6 การทดสอบ

นำแบบจำลองไปทดสอบโดยเครื่อง Immersion Wheel Tracking Machine ให้ล้อวิ่งบนแบบจำลองแล้ววัดค่าการทรุดตัวเมื่อล้อวิ่งได้ 50, 100, 200, 300, 400, 500, 700, 900, 1100, 1300 และ 1500 รอบ โดยมีน้ำหนักบรรทุกจากล้อ 3 ค่า คือ 1.158, 1.275 และ 1.383 กิโลนิวตัน ซึ่งเป็นความเค้น 139, 163 และ 184 ปาสคาล ตามลำดับ รูปที่ 3 เป็นการทดสอบการวัดค่าการทรุดตัวได้กระทำ 21 จุด ตามแนว A, B และ C แต่ละแนววัดค่า 7 จุดดังรูปที่ 4



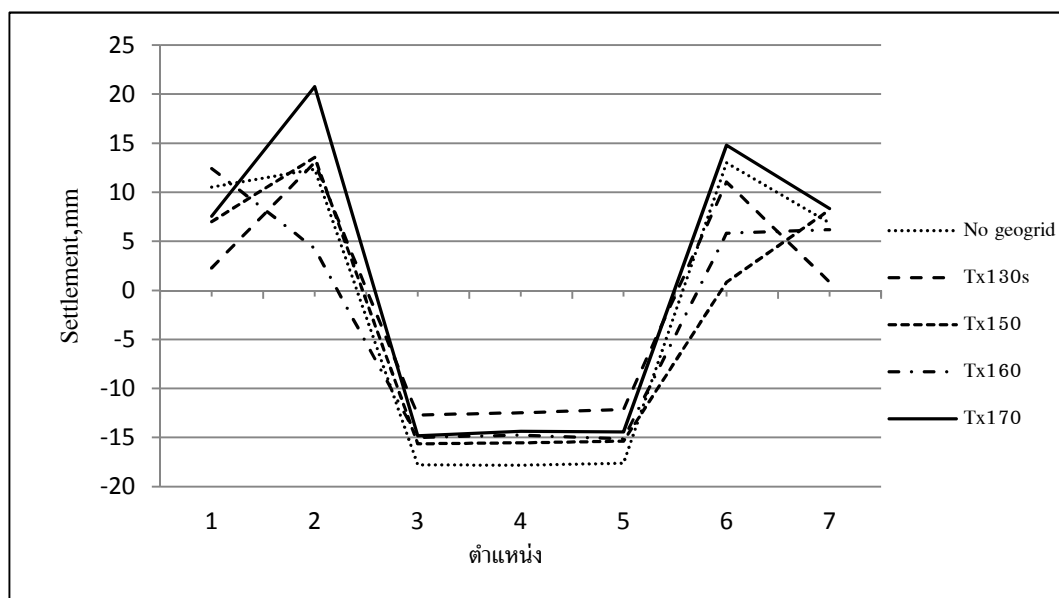
รูปที่ 3 การทดสอบการเกิดร่องล้อ



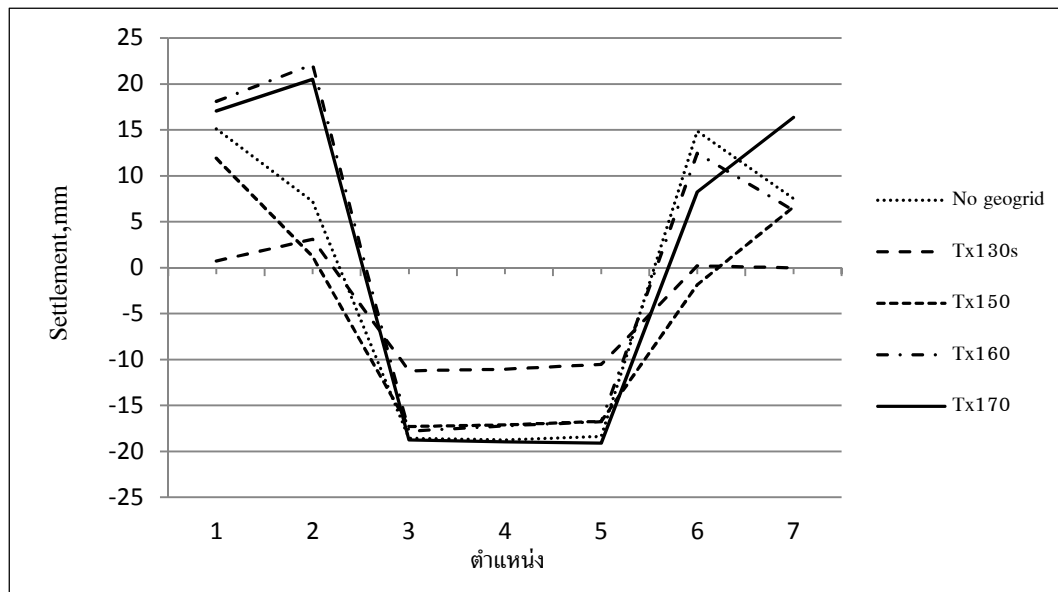
รูปที่ 4 ตำแหน่งวัดค่าการทรุดตัว

4. ผลการทดสอบ

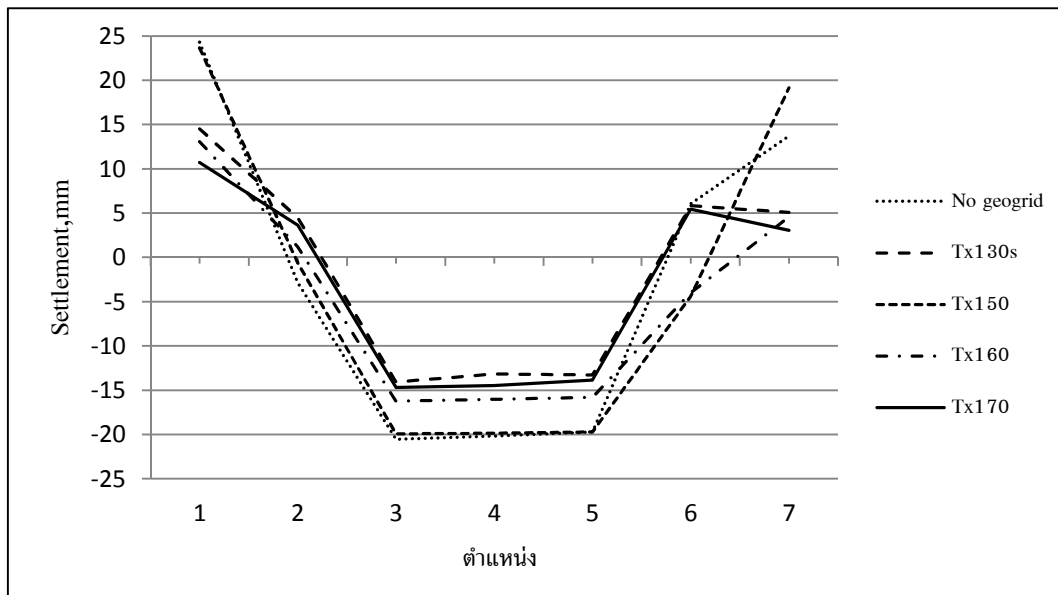
ค่าการทรุดตัวของแบบจำลองทั้ง 5 แบบ ได้นำมาแสดงเป็นกราฟในรูปที่ 5, 6 และ 7 ทั้งนี้ ค่าการทรุดตัวของแต่ละจุดเป็นค่าเฉลี่ยของแนว A, B และ C อนึ่ง ถึงแม้จะมีการเก็บข้อมูลการทรุดตัวหลังจากล้อวิ่งบนแบบจำลอง ถึง 11 ค่า แต่เนื่องจากปริมาณข้อมูลมีจำนวนมากและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน จึงนำมาแสดงเฉพาะค่าการทรุดตัวหลังจากล้อวิ่งบนแบบจำลอง 1500 รอบ เมื่อนำค่าเฉลี่ยของการทรุดตัว 21 จุดมาเปรียบเทียบกัน ได้ผลดังรูปที่ 8



รูปที่ 5 ค่าการทรุดตัวเฉลี่ยของแบบจำลองเมื่อล้อวิ่งจำนวน 1500 เทียบภายใต้ความเค้น 139 ปาสคาล

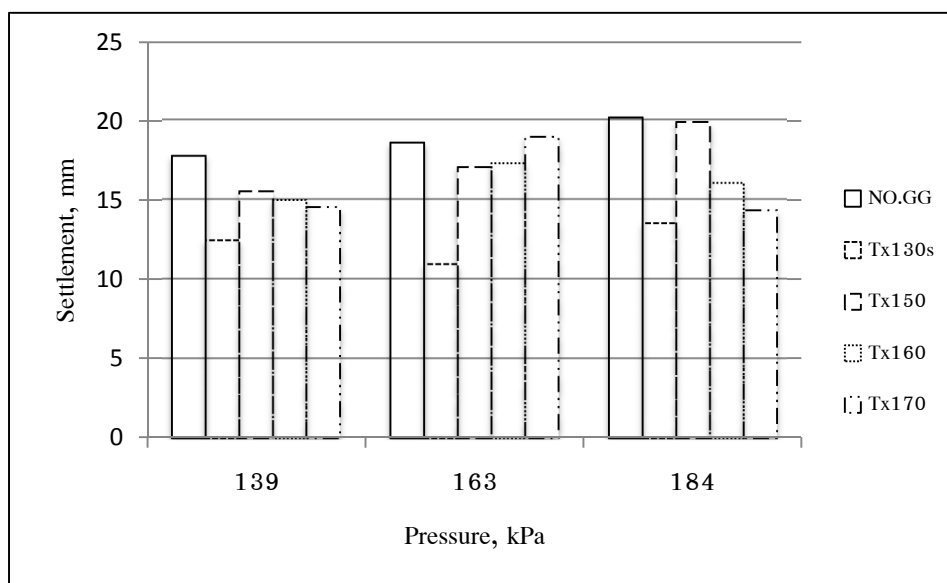


รูปที่ 6 ค่าการทรุดตัวเฉลี่ยของแบบจำลองเมื่อล้อวิ่งจำนวน 1500 เทียบภายใต้ความเค้น 163 ปาสคาล



รูปที่ 7 ค่าการทรุดตัวเฉลี่ยของแบบจำลองเมื่อล้อยิ่งจำนวน 1500 เทียวกภายใต้ความเค้น 184 ปาสคาล

กราฟที่ 4 ค่าการทรุดตัวเฉลี่ยของโครงสร้างชั้นพื้นทางเมื่อเสริมแรงด้วย Geogrid ขนาดต่าง ๆ เมื่อล้อยิ่งจำนวน 1500 เทียวก



รูปที่ 8 ค่าการทรุดตัวเฉลี่ย 21 จุด ของแบบจำลอง 5 แบบ ภายใต้ความเค้นที่ต่างกัน

5. สรุป

จากกราฟในรูปที่ 8 ในภาพรวมเห็นได้ชัดว่าแบบจำลองที่เสริมตาข่ายรุ่น Tx130s ซึ่งเป็นตาข่ายที่มีขนาดรูเล็กที่สุดสามารถลดการเกิดร่องล้อได้มากที่สุด ถึงแม้จะมีความแข็งแรงต่ำสุดก็ตาม เป็นไปได้ว่าการที่มีรูตาข่ายเล็ก ช่วยให้การเสริมความแข็งแรงให้แก่แบบจำลองได้ดี ทั้งนี้ การเสริมตาข่ายรุ่น Tx130s ช่วยลดการเสียรูปลงได้ถึงร้อยละ 30–40 เมื่อเทียบกับแบบจำลองที่ไม่มี การเสริมตาข่าย

ผลของการทดสอบภายใต้ความเค้น 139 และ 184 ปาสคาล ให้ผลที่สอดคล้องกัน นั่นคือแบบจำลองที่เสริมด้วยตาข่ายรุ่น Tx170, Tx160 และ Tx150 ซึ่งมีขนาดรูเท่ากัน ลดการทรุดตัวของแบบจำลองได้มากถึงน้อยตามลำดับ สอดคล้องกับค่าความแข็งแรงที่มากไปถึงน้อยเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ภายใต้ความเค้นสูง ค่าการทรุดตัวของแบบจำลองที่เสริมด้วยตาข่ายที่มีความแข็งแรงต่ำจะสูงอย่างเห็นได้ชัด แต่ผลของการทดสอบภายใต้ความเค้น 163 ปาสคาล มีลักษณะที่แตกต่างไป อาจเนื่องจากความแปรปรวนของการทำแบบจำลอง ซึ่งได้ทำเพียงประเภทละ 2 แบบจำลองเท่านั้น

อาจสรุปได้ว่า ตาข่ายเสริมแรงที่มีขนาดรูเล็ก จะมีประสิทธิภาพในการลดการเกิดร่องล้อของผิวจราจรสูงกว่าตาข่ายเสริมแรงที่มีขนาดรูใหญ่ และในกรณีที่ตาข่ายมีขนาดรูเท่ากัน ตาข่ายที่มีความแข็งแรงสูงกว่าจะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า

เอกสารอ้างอิง

- [1] อินวิน สวัสดิ์ศานต์,เศกชัย อนุเวชศิริเกียรติ,นवल พรหมจารีย์ และจตุพร ทิพย์ทอง,2552.การสำรวจสภาพความเสียหายและสาเหตุของความเสียหายหลักของถนนลาดยางใน ประเทศไทย. รายงานฉบับที่ วพ. 261 สำนักวิจัยและพัฒนาทาง, กรมทางหลวง, กระทรวงคมนาคม.
- [2] สรวิทย์ วัฒนเชษฐ์.วัสดุสังเคราะห์สำหรับงานก่อสร้างถนน.กลุ่มงานทางในเขตเมือง,สำนักก่อสร้างทาง.
- [3] A. Zhussupbekov et. al.Experimental Research of Reinforced Unpaved Road Under Cyclic Loading.Faculty of Civil, Eurasian National University,Astana,Kazakhstan.
- [4] T.Kutuk–Sert and M.V.Akpinar.The Shape Analysis of Geogrids with different Aperture Structure Used for Road Subgrade Reinforcement.Recep Tayyip Erdogan University.Rize,Turkey.