

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องพฤติกรรมของกำลังรับแรงเฉือนในดินเหนียวที่เสริมกำลังด้วยรากหญ้ารัฐ และรากหญ้าแฝกสำหรับงานป้องกันลาดชันดิน จากผลการดำเนินงานทดสอบทั้งในสนามและในห้องปฏิบัติการ สามารถอธิบายและสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผล

5.1.1 การเจริญเติบโตของต้นหญ้าแฝกและต้นหญ้ารูซี่

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นหญ้าแฝกและความสูงกอหญ้าแฝก ที่อายุการปลูก 2, 4, 6, 8 และ 10 เดือน ตามลำดับ มีค่าดังต่อไปนี้

หญ้าแฝกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกอเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.40 - 6.53 เซนติเมตร จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้สมการเส้นถดถอย ซึ่งสามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกอเฉลี่ยกับอายุการปลูก ในรูปแบบของสมการเอ็กซ์โพเนนเชียล คือ $d = 1.8521e^{0.1352x}$ โดยมีค่า $R^2 = 0.9619$

หญ้าแฝกมีความสูงกอเฉลี่ยอยู่ในช่วง 58.6 - 128.7 เซนติเมตร จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้สมการเส้นถดถอย ซึ่งสามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกอเฉลี่ยกับอายุการปลูก ในรูปแบบของสมการเอ็กซ์โพเนนเชียล คือ $h = 42.821e^{0.111x}$ โดยมีค่า $R^2 = 0.8999$

จำนวนต้นที่งอกและความสูงลำต้นเหนือผิวดินของหญ้ารูซี่ โดยการปลูกด้วยเมล็ดพันธุ์หญ้ารูซี่ จำนวน 90 เมล็ด ที่อายุการปลูก 7, 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ พบว่า หญ้ารูซี่มีจำนวนต้นที่งอกเฉลี่ยเพิ่มขึ้นดังนี้ 25, 30, 31 และ 36 ต้น ตามลำดับ และความสูงลำต้นเหนือผิวดินของหญ้ารูซี่เฉลี่ยเพิ่มขึ้นดังนี้ 4.17, 6.67, 10.40 และ 11.51 เซนติเมตร ตามลำดับ

5.1.2 การทดสอบแรงดึงรากหญ้าแฝกและรากหญ้ารูซี่

จากการทดสอบแรงดึงของรากหญ้าแฝกในห้องปฏิบัติการ พบว่า อายุของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรากหญ้าแฝกในแต่ละเดือนนั้น มีผลต่อค่ากำลังรับแรงดึงเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรากหญ้าที่แตกต่างกันเป็นสำคัญ หากเรานำข้อมูลทดสอบทั้งหมดของทุกเดือนมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ได้ผลดังต่อไปนี้

ค่าแรงดึง (Tensile Force) ของรากหญ้าแฝกจะแปรผันตรงตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของราก จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้สมการเส้นถดถอยในรูปแบบสมการเลขยกกำลัง ได้ค่าสมการคือ $T_U = 11.951d^{1.0981}$ จากสมการสามารถทราบค่าแรงดึงได้ โดยมีค่าพิสัยอยู่ในช่วงระหว่าง 2.61 - 38.47 นิวตัน โดยที่รากมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วงระหว่าง 0.25 - 2.90 มิลลิเมตร

ค่ากำลังรับแรงดึง (Tensile Strength) ของรากหญ้าแฝกจะแปรผกผันกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของราก หากนำมาหาความสัมพันธ์โดยใช้สมการเส้นถดถอยในรูปแบบสมการเลขยกกำลัง ได้ค่าสมการคือ $t_t = 15.239d^{-0.893}$ จากสมการสามารถทราบค่ากำลังรับแรงดึงได้ โดยมีพิสัยอยู่ในช่วงระหว่าง 52.55 - 5.89 เมกะปาสกาล โดยที่รากมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วงระหว่าง 0.25 - 2.90 มิลลิเมตร

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's modulus) ของรากหญ้าแฝกจะแปรผกผันกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของราก หากนำมาหาความสัมพันธ์โดยใช้สมการเส้นถดถอยในรูปแบบสมการเลขยกกำลัง ได้ค่าสมการคือ $E_R = 342.74d^{-1.399}$ จากสมการสามารถทราบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นได้ โดยมีค่าพิสัยอยู่ในช่วงระหว่าง 2383.67 - 77.28 เมกะปาสกาล โดยที่รากมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วงระหว่าง 0.25 - 2.90 มิลลิเมตร

จากการทดสอบแรงดึงของรากหญ้ารูซี่ในห้องปฏิบัติการ พบว่า อายุของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหญ้ารูซี่ในแต่ละเดือนนั้น มีผลต่อค่ากำลังรับแรงดึงเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรากหญ้าที่แตกต่างกันเป็นสำคัญ เช่นเดียวกับรากหญ้าแฝก หากเรานำข้อมูลทดสอบทั้งหมดของทุกเดือนมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ได้ผลดังต่อไปนี้

ค่าแรงดึง (Tensile Force) ของรากหญ้ารูซี่จะแปรผันตรงตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของราก จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้สมการเส้นถดถอยในรูปแบบสมการเลขยกกำลัง ได้ค่าสมการคือ $T_U = 13.124d^{1.5561}$ จากสมการสามารถทราบค่ากำลังรับแรงดึงได้ โดยมีพิสัยอยู่ในช่วงระหว่าง 2.02 - 7.53 นิวตัน โดยที่รากมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วงระหว่าง 0.30 - 0.70 มิลลิเมตร

ค่ากำลังรับแรงดึง (Tensile Strength) ของรากหญ้ารูซี่จะแปรผกผันกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของราก หากนำมาหาความสัมพันธ์โดยใช้สมการเส้นถดถอยในรูปแบบสมการเลขยกกำลัง ได้ค่าสมการคือ $t_t = 16.71d^{-0.444}$ จากสมการสามารถทราบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นได้ โดยมีค่าพิสัยอยู่ในช่วงระหว่าง 28.52 - 19.58 เมกะปาสกาล โดยที่รากมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วงระหว่าง 0.30 - 0.70 มิลลิเมตร

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's modulus) ของรากหญ้าที่จะแปรผกผันกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของราก หากนำมาหาความสัมพันธ์โดยใช้สมการเส้นถดถอยในรูปแบบสมการเลขยกกำลัง ได้ค่าสมการคือ $E_r = 195.94d^{-1.677}$ จากสมการสามารถทราบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นได้ โดยมีค่าพิสัยอยู่ในช่วงระหว่าง 1475.68 - 356.36 เมกะปาสคาล โดยที่รากมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วงระหว่าง 0.30 - 0.70 มิลลิเมตร

5.1.3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงเหวี่ยงของดินในสนาม

ผลการทดสอบแรงเหวี่ยงของดินที่เสริมแรงด้วยรากหญ้าแฝก ดินที่เสริมแรงด้วยรากหญ้าซึ่งและดินที่ไม่ได้เสริมแรงด้วยรากหญ้า ที่ระดับความลึกจากผิวดิน 10 เซนติเมตร กดทับด้วยน้ำหนักคงที่ 25, 50 และ 100 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงเหวี่ยงกับอายุการปลูกในสนามที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 เดือน ตามลำดับพบว่า

กำลังรับแรงเหวี่ยงของดินที่ไม่ได้เสริมแรงด้วยรากหญ้า มีค่าพิสัยสำหรับน้ำหนักคงที่ 25 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 10.15 ถึง 11.54 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ค่าพิสัยสำหรับน้ำหนักคงที่ 50 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 11.65 ถึง 13.39 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร และค่าพิสัยสำหรับน้ำหนักคงที่ 100 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 14.19 ถึง 15.69 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยมีค่าความเชื่อมั่นของเมื่อดินมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 8.88 ถึง 10.39 กิโลนิวตันต่อตาราง ค่าปริมาณความชื้นในมวลดินมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 23.53 ถึง 35.25 เปอร์เซ็นต์ และค่าความหนาแน่นแห้งมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 1.17 ถึง 1.28 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

กำลังรับแรงเหวี่ยงของดินที่เสริมแรงด้วยรากหญ้าซึ่ง มีค่าพิสัยสำหรับน้ำหนักคงที่ 25 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 13.50 ถึง 16.27 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ค่าพิสัยสำหรับน้ำหนักคงที่ 50 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 14.77 ถึง 17.77 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร และค่าพิสัยสำหรับน้ำหนักคงที่ 100 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 17.54 ถึง 20.31 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยมีค่าความเชื่อมั่นของดินที่เสริมแรงด้วยรากหญ้าซึ่งมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 12.12 ถึง 15.00 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ค่าปริมาณความชื้นในมวลดินมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 26.25 ถึง 37.82 เปอร์เซ็นต์ และค่าความหนาแน่นแห้งมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 1.11 ถึง 1.25 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

กำลังรับแรงเหวี่ยงของดินที่เสริมแรงด้วยรากหญ้าแฝก มีค่าพิสัยสำหรับน้ำหนักคงที่ 25 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 15.23 ถึง 20.19 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ค่าพิสัยสำหรับน้ำหนักคงที่ 50 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 17.19 ถึง 22.04 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร และค่าพิสัยสำหรับน้ำหนักคงที่ 100 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 19.39 ถึง 24.35 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ตามลำดับ ค่าความเชื่อมั่นของดินที่เสริมแรงด้วยรากหญ้าแฝกมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 14.14 ถึง 19.04 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร

ค่าปริมาณความชื้นในมวลดินมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 24.22 ถึง 36.62 เปอร์เซ็นต์ และค่าความหนาแน่นแห้งมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 1.16 ถึง 1.26 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ยังพบอีกว่า ค่ากำลังรับแรงเฉือน ค่าความเชื่อมแน่นของเม็ดดินและค่าความหนาแน่นของดินในสนามแปรผกผันกับปริมาณความชื้นในมวลดิน ซึ่งการเสริมแรงด้วยรากหญ้าแฝกส่งผลให้ค่าความเชื่อมแน่นเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่เสริมแรงด้วยรากหญ้าไฐและดินที่ไม่เสริมแรงด้วยรากหญ้า ซึ่งระบบรากที่เพิ่มขึ้นของแต่ละเดือนก็ยังคงมีผลกระทบต่อค่ากำลังรับแรงเฉือนเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าปริมาณความชื้นในมวลดินเป็นสำคัญ

การเสริมแรงด้วยรากหญ้าแฝกนั้น มีประสิทธิภาพต่อกำลังรับแรงเฉือนของดินมากกว่ากรณีดินเสริมแรงด้วยรากหญ้าไฐและดินที่ไม่ได้เสริมแรงด้วยรากหญ้า ในส่วนการเสริมแรงด้วยรากหญ้าไฐนั้นยังคงมีค่ากำลังรับแรงเฉือนมากกว่าดินไม่เสริมแรงด้วยรากหญ้า ด้วยเหตุผลดังกล่าวหญ้าแฝกจึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เพื่อเสริมความแข็งแรงให้แก่ลาดดินมากกว่าหญ้าไฐ ในขณะที่หญ้าไฐนั้นสามารถนำไปใช้ในงานป้องกันการกัดเซาะได้ดีกว่างานป้องกันลาดดิน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 หลังจากนำรากออกจากกระบอก PVC ควรรับทำการทดสอบแรงดึงเพราะอาจทำให้รากสูญเสียความชื้น

5.2.2 ขณะติดตั้ง Shear Box เข้ากับดินตัวอย่างต้องพยายามไม่ให้ก้อนดินตัวอย่างเกิดการสั่นสะเทือนเพราะอาจทำให้ค่าที่บันทึกผลมีความคลาดเคลื่อน

5.2.3 การทดสอบครั้งนี้ใช้ตัวอย่างดินเฉพาะกรณีศึกษาเพียงเท่านั้น หากนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ควรคำนึงถึงลักษณะดินที่ปลูก

5.2.4 การปรับแต่งผิวหน้าดินตัวอย่างจำเป็นต้องทำให้เรียบที่สุด เพราะขณะวางกล่องบรรจุทรายทับน้ำหนักจะได้กระจายอย่างสม่ำเสมอ จะทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่มีความคลาดเคลื่อน

5.2.5 ควรมีการปรับปรุงเครื่องมือให้มีความละเอียดทั้งการดึงและการเฉือน เพื่อที่จะอ่านให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น

5.2.6 ควรมีการศึกษาในพื้นที่ที่มีความลาดชันที่มีปัญหาการพังทลายของดิน