การใช้ประโยชน์จากเส้นใยหญ้าแฝกเพื่อการพัฒนาเสานำทางต้นทุนต่ำ

Utilization of Vetiver grass for development of low cost guide post

นายปรัชญา วงศ์ธิเวท

นายวีรยุทธ พลสว่าง

นายสงกรานต์ ดวงสุวรรณ์

1 6081919 e.2

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ลง.../.../...

5200075

ว5,
ป4711
ส51

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2551

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมโยธา

หัวข้อโครงงานวิศวกรรมโยธา : การใช้ประโยชน์จากเส้นใยหญ้าแฝกเพื่อการพัฒนาเสานำทางต้นทุนต่ำ

ผู้ดำเนินงานวิศวกรรมโยธา : นายปรัชญา วงศ์ธิเวท รหัสนิสิต 48362759
นายวีรยุทธ พลสว่าง รหัสนิสิต 48362841
นายสงกรานต์ ดวงสุวรรณ์ รหัสนิสิต 48362872

ที่ปรึกษาโครงงานวิศวกรรมโยธา : ดร.รัฐภูมิ ปริชาตปรีชา

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา : วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา : 2551

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

คณะกรรมการตรวจสอบโครงงาน

.....ประธานกรรมการ
(ดร.รัฐภูมิ ปริชาตปรีชา)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร.สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

.....กรรมการ
(ดร.ดุษฎี สถิรเศรษฐทวี)

.....หัวหน้าภาควิชา
(ดร.กำพล ทรัพย์สมบูรณ์)

หัวข้อโครงงานวิศวกรรมโยธา : การใช้ประโยชน์จากเส้นใยหญ้าแฝกเพื่อการพัฒนาเสานำทางต้นทุนต่ำ

ผู้ดำเนินงานวิศวกรรมโยธา : นายปรัชญา วงศ์ธิเวท รหัสนิสิต 48362759
นายวีรยุทธ พลสว่าง รหัสนิสิต 48362841
นายสงกรานต์ ดวงสุวรรณ์ รหัสนิสิต 48362872

ที่ปรึกษาโครงงานวิศวกรรมโยธา : ดร.รัฐภูมิ ปริชาตปรีชา

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา : วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา : 2551

บทคัดย่อ

โครงงานวิศวกรรมโยธาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาวิธีการใช้ประโยชน์จากเส้นใยหญ้าแฝกในกระบวนการขึ้นรูปเสานำทางต้นทุนต่ำผสมวัสดุจากธรรมชาติ ในการวิเคราะห์หาอัตราส่วนและวิธีการขึ้นรูปที่เหมาะสมสำหรับเสานำทางต้นทุนต่ำ โดยส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ดิน เหนียว ทราย หญ้าแฝก และน้ำ จะพิจารณาจากคุณสมบัติทางกลที่ได้จากการทดสอบ การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลและคุณสมบัติทางกายภาพของกระบวนการการขึ้นรูปแบบต่างๆ รวมไปถึงทำการหาสัดส่วนผสมที่เหมาะสม โดยขั้นตอนการทดสอบตลอดจนรายละเอียดของผลการทดสอบได้แสดงไว้ในโครงงานนี้ ซึ่งผลการทดสอบกล่าวโดยสรุปได้ว่ากระบวนการขึ้นรูปที่พัฒนาขึ้นและสัดส่วนผสมที่เหมาะสมสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาเสานำทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ และนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

Project Title : Utilization of Vetiver grass for development of low cost guide post

Name : Mr. Prachya Wongtiwet Code 48362759
Mr. Wirayut Phonsawang Code 48362841
Mr. Songkarn Doungsuwan Code 48362872

Project Adviser : Dr. Rattapoohm Parichatprecha

Major : Civil Engineering

Department : Civil Engineering
Faculty of Engineering
Naresuan University

Academic Year : 2008

Abstract

This study aims to develop the low cost guide post by using vetiver grass and clay. Molding process and suitable mixtures are also investigated in this study. The methodology, experimental programs, and results are also illustrated. Based on the results of this study, it can be found that the hybrid technique in molding process is the most suitable when comparing with other techniques. Furthermore, using hybrid molding process with suitable mixtures can be applied in producing of low cost guide post.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จได้ ทางคณะผู้ดำเนินงานต้องขอขอบคุณ อาจารย์รัฐภูมิ ปริชาตปรีชา ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำวิธีการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น ให้ทางคณะผู้จัดทำสามารถนำหนังสือไปใช้เพื่อค้นคว้าต่อไป

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ให้อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการทำการทดลอง

ขอขอบคุณคณะท่านอาจารย์มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แค่คณะผู้จัดทำ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดามารดาที่ให้อุปการคุณทางด้านการเงินและด้านจิตใจจนกระทั่งทำให้โครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ(ภาษาไทย)	ข
บทคัดย่อ(ภาษาอังกฤษ)	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
คำนิยามศัพท์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 แนวทางการดำเนินงาน	2
1.6 แผนการดำเนินโครงงาน	3
1.7 งบประมาณ	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ความรู้พื้นฐานของวัสดุที่ทำการวิจัย	4
2.2 ความรู้พื้นฐานและการใช้ประโยชน์จากเสานำทาง	13
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการทำโครงงาน	17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน	18
3.2 วัสดุที่ใช้	18
3.3 วิธีการดำเนินโครงงาน	19

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ผลการทดสอบวัสดุ	54
4.2 ผลการขึ้นรูปเสานำทางและวิเคราะห์ผล	59
4.3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดัดของเสานำทางและการวิเคราะห์ผล	62
4.4 การเปรียบเทียบราคาวัสดุในการผลิตของเสานำทาง	64
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	65
5.2 ข้อเสนอแนะ	65
บรรณานุกรม	66
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	67
ภาคผนวก ข	72
ภาคผนวก ค	73
ประวัติผู้จัดทำ	78

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตาราง 1.6	แสดงแผนการดำเนินโครงงาน	4
ตาราง 2.1	แสดงคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของหญ้าแฝก	10
ตาราง 2.2	แสดงการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝก	10
ตาราง 2.3	แสดงระยะห่างการติดตั้งของเสาหลักนำทางในทางโค้ง	16
ตาราง 3.1	รายละเอียดตะแกรงมาตรฐาน	25
ตาราง 3.2	ข้อมูลการขึ้นรูปเสานำทางต้นทุนต่ำ	36
ตาราง 4.1	ข้อมูลการทดสอบ Liquid Limit	54
ตาราง 4.2	ข้อมูลการทดสอบ Plastic Limit	55
ตาราง 4.3	ผลการทดสอบคุณสมบัติของดินเหนียว	55
ตาราง 4.4	ข้อมูลการทดสอบ การวิเคราะห์หาส่วนขนาดของมวลรวมด้วยตะแกรง	57
ตาราง 4.5	ข้อมูลการทดสอบแรงดึงของหญ้าแฝก	58
ตาราง 4.6	ผลการขึ้นรูปเสานำทางต้นทุนต่ำ	59

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูป 2.1 แสดงลักษณะและรูปร่างของเสานำทางตามมาตรฐานกรมทางหลวง	13
รูป 2.2 แสดงการติดตั้งเสานำทางก่อนถึงทางแยกตามมาตรฐานกรมทางหลวง	14
รูป 2.3 แสดงการติดตั้งเสานำทางบริเวณที่เปลี่ยนความกว้างของผิวทาง	15
รูป 2.4 แสดงการติดตั้งเสานำทางบริเวณโค้งทางราบตามมาตรฐานกรมทางหลวง	16
รูป 2.5 ตัวอย่างอิฐดินดิบผสมหญ้าแฝก	17
รูป 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	19
รูป 3.2 แสดงอุปกรณ์ในการปฏิบัติการทดสอบดินเหนียวเรื่อง ขีดจำกัดอัตเตอร์เบิร์ก	22
รูป 3.3 การตากตัวอย่างหญ้าแฝกสำหรับการทดสอบ	28
รูป 3.4 การตัดหญ้าแฝกแยกเป็นส่วนๆ	29
รูป 3.5 การทดสอบกำรังรับแรงดึงของหญ้าแฝก	29
รูป 3.6 แสดงแหล่งดินเหนียวจากบ้านแสงดาว อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก	30
รูป 3.7 แสดงการตากดินให้แห้งและทำการทุบดินเพื่อรอที่จะนำหมักดิน	30
รูป 3.8 แสดงการหมักดินตามอัตราส่วนผสมเพื่อนำไปผสมหญ้าแฝกสับ	31
รูป 3.9 แสดงการย่ำดินเหนียวที่ทำการหมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงกับทรายตามอัตราส่วนผสม	31
รูป 3.10 แสดงการเกี่ยวหญ้าแฝกที่มีอายุประมาณ 1เดือน	32
รูป 3.11 แสดงการสับหญ้าแฝกเป็นเส้นโดยมีความยาวประมาณ 2- 5 เซนติเมตร	32
รูป 3.12 แสดงการมัดหญ้าแฝกเป็นกำแล้วนำไปตากแดดให้แห้ง	33
รูป 3.13 แสดงการตากหญ้าแฝกที่ทำการสับเป็นเส้นละประมาณ 2-5 เซนติเมตร	33
รูป 3.14 การตัดไม้ไผ่ให้มีความยาว 1เมตร	34
รูป 3.15 การเหลาไม้ไผ่ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1เซนติเมตร	34
รูป 3.16 แสดงมิติและรูปร่างของเสานำทางต้นทุนต่ำ	35
รูป 3.17 แสดงแบบหล่อเสานำทาง	37
รูป 3.18 การเตรียมไม้แบบก่อนทำการขึ้นรูปโดยทำการชุบน้ำมัน	37
รูป 3.19 แสดงการผสมหญ้าแฝกสับที่ทำการตากไว้ กับดินเหนียวที่ทำการหมัก	38
รูป 3.20 แสดงการย่ำดินเหนียวที่ทำการหมักผสมกับหญ้าแฝกสับ	38
รูป 3.21 แสดงตัวอย่างการขึ้นรูปนำทางแบบที่ 3	39
รูป 3.22 แสดงตัวอย่างการขึ้นรูปนำทางแบบที่ 5	39

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูป 3.23 การซุบดินเหนียวกับหญ้าแฝกเส้นที่ทำการมัดเป็นกำ	40
รูป 3.24 การขึ้นรูปเสานำทางโดยการนำหญ้าแฝกสับเรียงเป็นชั้นสลับกับหญ้าแฝกเส้น	40
รูป 3.25 การเรียงสลับระหว่างหญ้าแฝกสับกับหญ้าเส้นแฝกซุบดินเหนียวเป็นชั้นๆ	41
รูป 3.26 แสดงตัวอย่างการขึ้นรูปเสานำทางแบบที่ 8	41
รูป 3.27 แสดงการตากเสานำทางทิ้งไว้เพื่อให้แห้ง	42
รูป 3.28 แสดงการกดเสานำทางออกจากแบบเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 1วัน	42
รูป 3.29 การตากเสานำทางไว้ในที่ร่มเป็นระยะเวลา 7 , 14 , และ 21 วัน ก่อนการทดสอบ	43
รูป 3.30 ตัวอย่างเสานำทางที่พร้อมทำการทดสอบ	43
รูป 3.31 การจำลองการทดสอบแรงดัดของเสานำทาง (เสมือนคานยื่น)	44
รูป 3.32 การชั่งน้ำหนักของเสานำทางก่อนไปทดสอบแรงดัด	45
รูป 3.33 การวัดขนาด เสานำทางก่อนนำไปทดสอบแรงดัด	45
รูป 3.34 วัดขนาดความยาวของเสานำทางออกมาจากบริเวณฐานการติดตั้ง 60 เซนติเมตร	46
รูป 3.35 การติดตั้งเกจเพื่อทดสอบหาการโก่งตัว	46
รูป 3.36 เสานำทางที่พร้อมทำการทดสอบแรงดัด	47
รูป 3.37 รูปด้านบนฐานรองรับเสานำทาง	48
รูป 3.38 รูปด้านหน้าฐานรองรับเสานำทาง	48
รูป 3.39 แบบหล่อคอนกรีตสำหรับทำฐานรองรับเสานำทาง	49
รูป 3.40 แบบหล่อขณะเทคอนกรีต	49
รูป 3.41 ฐานคอนกรีตสำหรับติดตั้งเสานำทาง	50
รูป 3.42 การทาสีพลาสติกชนิดกันน้ำเคลือบเสาและติดตั้งสติ๊กเกอร์สะท้อนแสง	50
รูป 3.43 การจำลองขั้นตอนการติดตั้งเสานำทาง	51
รูป 3.44 ตัวอย่างเสานำทางที่พร้อมสำหรับการติดตั้ง	51
รูป 3.45 หลุมสำหรับฝังฐานติดตั้งเสานำทาง	52
รูป 3.46 การวางฐานติดตั้งเสานำทางลงในหลุม	52
รูป 3.47 ตัวอย่างเสานำทางที่ทำการติดตั้งเสร็จเรียบร้อย	53
รูป 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Water Content และ Number of Blows	56
รูป 4.2 แผนภูมิขนาดคละของทราย	57

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูป 4.3 กำลังรับแรงดึงของหญ้าแฝก	58
รูป 4.4 แสดงตัวอย่างเสานำทางแบบที่ 2เมื่อขึ้นรูปและตากที่ระยะเวลา 1วัน	60
รูป 4.5 แสดงตัวอย่างเสานำทางแบบที่ 8เมื่อขึ้นรูปและตากที่ระยะเวลา 1วัน	61
รูป 4.6 การทดสอบกำลังรับแรงดัดของเสานำทาง	62
รูป 4.7 ลักษณะการวิบัติของเสานำทางเนื่องจากการทดสอบแรงดัด	63
รูป 4.8 การเปรียบเทียบราคาวัสดุในการผลิตเสานำทาง	64

คำนิยามศัพท์

หญ้าแฝก (Vertiveria) หมายถึง พืชตระกูลหญ้าที่พบอยู่ทั่วไปตามภาคต่างๆ ของประเทศไทย สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิด ทนต่อสภาพความแห้งแล้ง ความเปียกแฉะและน้ำท่วมขังได้ดี เพราะมีระบบรากลึกและใบแคบ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Vertiveria spp.* หญ้าแฝกขึ้นเป็นกอใหญ่ ขนาดของกอประมาณ 5-20 เซนติเมตร มีความสูงของลำต้นประมาณ 1-1.5 เมตร ใบแคบยาวประมาณ 75 เซนติเมตร กว้าง 4-10 มิลลิเมตร มีรากเป็นกระจุกเหมือนใยฟองน้ำ สามารถดูดวับน้ำได้ดี ถ้านำมาปลูกเป็นแถวจะช่วยในการดักตะกอนดินและป้องกันการพังทลายของดินได้

ดินเหนียว (ball clay) หมายถึง ดินที่มีสีขาว ขาวคล้ำ จนถึงดำสนิท แหล่งสะสมในที่ลุ่มเม็ดละเอียด มีอินทรีย์สารเจือปน ความเหนียวดี ให้ความแข็งแรง

เสานำทาง หมายถึง เสาสำหรับติดตั้งบนถนนตามมาตรฐานกรมทางหลวงเพื่อลดอุบัติเหตุทางจราจรและการคมนาคมขนส่ง

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เศรษฐกิจพอเพียง (self sufficiency economy) เป็นปรัชญาที่ชี้แนวทางการดำรงอยู่และปฏิบัติตนของประชนในทุกระดับ รวมถึงระดับรัฐบาลในการพัฒนาและบริหารประเทศ ให้ดำเนินไปในทางสายกลาง ที่พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ทรงมีพระราชดำรัส แก่พสกนิกรชาวไทยมาโดยตลอดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2517 และภายหลังวิกฤติเศรษฐกิจ พ.ศ. 2540 ได้ทรงเน้นย้ำเป็นแนวทางการแก้ไขเพื่อให้รอดพ้นและสามารถดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน ภายใต้กระแสโลกาภิวัฒน์และความเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ แก่นแท้ของ 'เศรษฐกิจพอเพียง" มีหลักคิดว่าเราจะดำรงชีวิตอย่างไร เพื่ออะไร ทำอะไร และสุดท้ายเป้าหมายชีวิตคืออะไร ซึ่งก็คือวิถีชีวิตของคนไทยที่อยู่ในสภาพแวดล้อมไทย หรือภูมิสังคมแบบไทยๆ กล่าวคือเป็นหลักคิดในการดำรงชีวิตที่สอดคล้องกับภูมิสังคมของประเทศไทย(เสน่ห์,ชัยวัฒน์และฤกษ์ชัย 2550)

เสานำทางหรือหลักนำทางคือเสาที่ใช้ในการติดตั้งเพื่อลดอุบัติเหตุทางจราจรและคมนาคมขนส่งโดยทั่วไปมักทำจากคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งมาตรฐานการผลิตและติดตั้งจะถูกกำหนดตามรายการประกอบแบบโดยกรมทางหลวง ทั้งนี้เนื่องจากเสานำทางที่ทำจากคอนกรีตเสริมเหล็กมีต้นทุนในการผลิตต่อชิ้นค่อนข้างสูงและมีการใช้วัสดุที่ไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งเสานำทางแบบเดิมชาวบ้านและชุมชนไม่สามารถมีส่วนในกระบวนการผลิตได้เลย ทั้งนี้จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้ดินเหนียวผสมเส้นใยหญ้าแฝกสามารถขึ้นรูปและใช้งานเป็นวัสดุก่อสร้างได้หลายรูปแบบและมีคุณสมบัติทางกลที่ดีในระดับหนึ่ง(พิชัยและธรรมนูญ 2548, รัฐภูมิและทรงกลด 2551)ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดที่จะทำการพัฒนาการขึ้นรูปเสานำทางต้นทุนต่ำจากดินเหนียวผสมเส้นใยหญ้าแฝกโดยการนำหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาประยุกต์ใช้ร่วมกับองค์ความรู้ทางวิศวกรรมโยธาโดยเน้นใช้ประโยชน์จากวัสดุธรรมชาติที่มีคุณสมบัติเหมาะสมและหาได้ง่ายในท้องถิ่นร่วมกับภูมิปัญญาชาวบ้านเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อพัฒนากระบวนการขึ้นรูปเสานำทางต้นทุนต่ำที่ทำจากวัสดุธรรมชาติผสมเส้นใยหญ้าแฝก

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ในการศึกษานี้มุ่งเน้นจะทำการศึกษาแนวทางการขึ้นรูปวิธีต่างๆกันเพื่อนำผลมาเปรียบเทียบกัน โดยมีรายละเอียดข้อกำหนดของวัสดุที่จะนำมาใช้ตลอดการศึกษาวิจัยดังนี้

1.3.1 ดินเหนียวที่นำมาใช้งานมาจาก บ้านแสงดาว อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

1.3.2 หญ้าแฝกที่ใช้เป็นพันธุ์แฝกดอน (สายพันธุ์อินเดีย) มีแหล่งเพาะปลูกภายใน ตำบลหนองแขม อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก

1.3.3 ทรายที่นำมาใช้งานเป็นทรายละเอียดใน จังหวัดพิษณุโลก

1.3.4 ดินเหนียวต้องนำมาตากแดดให้แห้งแล้วนำไปบดให้ละเอียดก่อนนำไปใช้งาน

1.3.5 ทรายต้องนำมาตากแดดให้แห้งก่อนนำไปใช้งาน

1.3.6 หญ้าแฝกที่นำมาใช้งานต้องผ่านการควบคุมปัจจัยต่างๆ โดยทำการเกี่ยวหญ้าแฝกที่อายุประมาณ 1 เดือนและนำไปตากแดดให้แห้งโดยใช้ระยะเวลาในการตากประมาณ 14 วัน

1.3.7 อุปกรณ์ขึ้นรูปต้องเป็นอุปกรณ์อย่างง่าย เหมาะสำหรับนำไปถ่ายทอดให้ชาวบ้านในชนบทใช้งาน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบกระบวนการขึ้นรูปเสานำทางต้นทุนต่ำ

1.4.2 ทราบคุณสมบัติและอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินเหนียว ทราย หญ้าแฝก และน้ำ ในการขึ้นรูปเสานำทางต้นทุนต่ำ

1.4.3 ทราบความแตกต่างทางกายภาพและทางกลของวิธีการ ในการขึ้นรูปเสานำทางต้นทุนต่ำ และทำให้ได้วิธีการขึ้นรูปที่เหมาะสมที่สุด

1.4.4 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกวัสดุที่เหมาะสม ตลอดจนกระบวนการพัฒนาและผลิตเสานำทางต้นทุนต่ำ

1.5 แนวทางการดำเนินงาน

1.5.1 การเตรียมวัสดุและการทดสอบคุณสมบัติวัสดุ

1.5.2 ขั้นตอนการหาวิธีการขึ้นรูปที่เหมาะสมและพัฒนาอุปกรณ์สำหรับขึ้นรูปอย่างง่าย

1.5.3 ขั้นตอนการพัฒนาคุณสมบัติด้านการรับกำลังและ การทดสอบเสานำทางต้นทุนต่ำ

1.5.4 การออกแบบระบบติดตั้ง

1.5.5 วิเคราะห์และสรุปผล

1.6 แผนการดำเนินโครงงาน

การดำเนินการ วันที่ 8 ตุลาคม 2551 สิ้นสุดการดำเนินการวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2552

ตาราง 1.6 แสดงแผนการดำเนินโครงงาน

การดำเนินงาน	2551-2552				
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.ศึกษาวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง					
2.กำหนดวัตถุประสงค์ และขอบเขตของงาน					
3.ทำการทดลอง					
4.ทดสอบคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของเสานำทางต้นทุนต่ำ					
5.วิเคราะห์ประสิทธิภาพของอัตราส่วนผสม					
6.ทดสอบผลการทดลอง					
7.สรุปการสร้างวัสดุเชื่อมประสานเสานำทางต้นทุนต่ำ					
8.จัดทำรูปเล่มและนำเสนอผลงาน					

1.7 งบประมาณ

- ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์	500	บาท
- ค่าล้างอัดรูป	500	บาท
- ค่าถ่ายเอกสาร ค่าพิมพ์ ค่าจัดรูปเล่มในการทำโครงงาน	500	บาท
- ค่าวัสดุในการทำโครงงาน	1,500	บาท
- ค่าขนส่งวัสดุในการทำโครงงาน	500	บาท
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	500	บาท
รวมค่าใช้จ่าย	3,000	บาท

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ความรู้พื้นฐานของวัสดุที่ทำการวิจัย

2.1.1 ดินเหนียว (ballclay)

ดินเหนียว เป็นดินที่เกิดจากตะกอนที่พัดพามาทับถมกัน ธรรมชาติของดินเหนียว จะประกอบด้วยแร่เคโอลิไนต์ (kaolinite) เป็นส่วนใหญ่ โดยแร่เคโอลิไนต์ที่พบในดินเหนียว มักมีผลึกที่ไม่สมบูรณ์และมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังพบแร่ดินชนิดอื่นๆ อาทิ มอนมอริลโลไนต์ (monmorillonite) อิลไลต์ (illite) ควอร์ทซ์ (quartz) แร่ไมกา (mica) แร่เหล็กออกไซด์ (iron oxide) รวมทั้งมักมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่เสมอ ดินเหนียวมีสีต่างๆ เกิดจากการมีแร่ธาตุชนิดต่างๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน อาทิ สีดำ เทา ครีม และน้ำตาล ดินเหนียวที่มีสีเทาหรือดำนั้น จะมีอินทรีย์วัตถุปนมาก ส่วนดินเหนียวสีครีมหรือน้ำตาล มาจากแร่เหล็กที่ปะปนอยู่

ดินเหนียวมีสมบัติเด่นในการนำมาขึ้นรูปคือ มีความเหนียว และเมื่อแห้งมีความแข็งแรงสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังแห้งมีความแข็งแรง แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อแห้ง ดินเหนียวมักมีการหดตัวสูง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีการแตกร้าว ดังนั้นจึงไม่นิยมใช้เนื้อดินเหนียวล้วนๆ ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ แต่ต้องมีการผสมวัสดุที่ไม่มีความเหนียว อาทิ ดินเชื้อ หรือทราย เพื่อลดการดึงตัวและหดตัว ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการแตกร้าว เนื่องจากการหดตัวของดินได้ ดินเหนียวหลายชนิด มีช่วงอุณหภูมิที่จะเปลี่ยนไปเป็นเนื้อแก้วกว้าง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ คือ ช่วยปรับปรุงเนื้อผลิตภัณฑ์หลังการเผาให้ดีขึ้น ในการใช้ประโยชน์จากดินเหนียวนั้น นอกจากใช้เป็นเนื้อดินปั้นสำหรับหัตถกรรมพื้นบ้านแล้ว ยังนิยมนำมาใช้ผสมกับดินขาว เพื่อเพิ่มความเหนียว หรือช่วยให้น้ำดินมีการไหลตัวดีขึ้น

ในปัจจุบันประเทศไทยมีแหล่งดินเหนียวอยู่หลายแหล่ง ที่ได้นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเซรามิก อาทิ ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ปราจีนบุรี ลำปาง เชียงใหม่ นอกเหนือจากนี้ ดินเหนียวที่มีอยู่ในแหล่งพื้นบ้านทั่วไป อย่างไรก็ตาม แม้ว่าดินเหนียวจะมีอยู่ในหลายพื้นที่ก็ตาม การนำดินเหนียวจากแหล่งต่างๆ มาใช้ก็ควรใช้อย่างมีคุณค่า และใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพราะเมื่อดินเหนียวหมดไปแล้วก็จะต้องใช้เวลานานเป็นร้อยล้านปี กว่าที่จะมีการทับถมเพื่อให้เกิดทดแทนใหม่ได้

ส่วนประกอบของดินเหนียว

ส่วนประกอบของดินเหนียวและส่วนประกอบทางเคมีของดินเหนียวแตกต่างกันไปตามแหล่งที่สะสม ส่วนประกอบโดยประมาณอาจจำแนกได้ดังนี้

1. SiO_2 อยู่ระหว่าง 40-60%
2. Al_2O_3 ประมาณ 30%
3. H_2O ในผลึกและอินทรีย์สาร 10%
4. TiO_2, Fe_2O_3, CaO, MgO, K_2O, Na_2O เล็กน้อย

แร่ดินต่าง ๆ ที่พบในดินเหนียวพอสรุปได้ คือ kaolinite ซึ่งมีทั้งหยาบและละเอียดเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ก็มี montmorillinite และ illite เล็กน้อย แร่อื่น ๆ ที่เป็นส่วนประกอบอยู่ก็มี quartz, mica เป็นต้น

ส่วนอินทรีย์สารที่พบ ได้แก่ lignite, waxes, resins,lignin และ humus นอกจากนี้ก็มีเกลือที่ละลายน้ำได้ เกลือส่วนใหญ่เป็นเกลือซัลเฟต และเกลือคลอไรด์ของ Al, Fe, Ca, Mg, K, Na ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอนุมูลอยู่ระหว่าง 7 ถึง 30 Milliequivalents ต่อ 100 กรัมของดินแห้ง

คุณลักษณะเฉพาะ

1. ลักษณะทั่วไป ดินเหนียวเป็นดินที่มีเม็ดละเอียดมาก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 0.002 มม. สามารถผ่านตระแกงเบอร์ 200 ได้ มีการยึดหดตัวสูง
2. ลักษณะบังคับ

2.1 ดินเหนียวมีส่วนผสมของทรายตั้งแต่ 0.50% ซิลต์ 0.50 เคลย์ 30.1%

2.2 ดินเหนียวที่ใช้จะต้องปราศจาก เศษไม้, กิ่งไม้, รากไม้, เศษวัสดุหรือพืชและขยะปะปน

คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียว

1. ขนาด ดินเหนียวมีขนาดละเอียดกว่าดินขาว ขนาดดินเหนียวจะมีขนาดละเอียดแค่ไหนและมากน้อยเพียงใดจะเปลี่ยนแปลงได้ตามแหล่งที่พบ คือ แหล่งดินที่ถูกพัดพาไปไกลจากแหล่งเดิมมากจะมีการเสียดสี และการบดกันตามธรรมชาติมาก ขนาดของเม็ดดินจะละเอียดมากขึ้น ตามลำดับ

2. ความเหนียว กล่าวโดยทั่วไปแล้ว ดินเหนียวมีความเหนียวดีกว่าดินขาว การผสมดินเหนียวลงไปในเนื้อดินปั้นจะช่วยทำให้การขึ้นรูป ได้ดีขึ้น

3. การหดตัวเมื่อแห้ง ดินเหนียวมีการหดตัวมากน้อยแตกต่างไปตามแหล่งหรือชนิดของดินเหนียวนั้น เช่น ดินเหนียวที่มี SiO_2 สูง แทบ ไม่มีการหดตัวเลย แต่ดินเหนียวที่มีอินทรีย์สารสูงจะมีการหดตัวมากประมาณ 15% แต่อย่างไรก็ตาม เราไม่ใช้ดินเหนียวอย่างเดียวใน การผสมเนื้อดินปั้น

4. ความแข็งแรงก่อนเผา ปกติดินเหนียวจะมีความแข็งมากกว่าดินขาว ดินเหนียวที่มีความแข็งแรงสูงเมื่อผสมในเนื้อดินปั้นจะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ มีความแข็งแรงสูงตามไปด้วย

5. คุณสมบัติหลังจากเผา ถ้าเป็นอินเหนียวล้วน ๆ คุณสมบัติหลังจากการเผา เป็นต้นว่ามีสีเป็นอย่างไร เนื้อดีหรือไม่ดีอย่างไร ไม่ค่อย สำคัญนัก แต่คุณสมบัติเหล่านี้จะมีผลกระทบกระเทือน เมื่อผสมดินเหนียวลงไปในเนื้อดินปั้น ดินเหนียวบางอย่างมี mica ประกอบอยู่ เมื่อผสมในเนื้อดินปั้นเมื่อเผา mica จะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาในเนื้อดินปั้นทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์แน่นและเนียนมากขึ้น

การควบคุมคุณภาพดินเหนียว (ball clay)

1.การค้างบนตะแกรงเบอร์ 100-200 และ 325

2. การกระจายขนาดของอนุภาค

3. ความสามารถดูดซับเมทิลีน บลู

4. ปริมาณอินทรีย์สารที่สามารถสกัดออกไปได้ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

5. เกลือละลายน้ำ ความกระด้าง ปริมาณซัลเฟตและคลอไรด์

6. ปริมาณที่ต้องการตัวนำให้เกิดการกระจายลอยตัว

7. การหดตัวและการดูดซึมน้ำของแท่งทดลองหลังเผาที่ cone 9

8. ความเหมาะสมกับเคลือบที่ cone 9

2.1.2 **ทราย** (Sand)

ทราย (sand) เป็นหินแข็งที่แตกแยกออกมาจากก้อนหินใหญ่ โดยทรายจะแยกตัวออกมาได้เองตามธรรมชาติ ทรายมีขนาดระหว่าง 1/12 นิ้วถึง 1/400 นิ้ว ถ้ามีขนาดเล็กกว่านี้จะมีสภาพเป็นฝุ่นทราย จะประกอบด้วยแร่ควอตซ์หรือหินบะซอลต์ ทรายแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ทรายบกและทรายแม่น้ำ

ทรายบก

ทรายบกเกิดจากหินทรายที่แตกแยกชำรุดออกมา เป็นเม็ดทรายตามสภาพภูมิอากาศ สิ่งแวดล้อม และจะฝังจมอยู่ในพื้นดินเป็นแห่ง ๆ ทรายชนิดนี้จะมีดิน ซากพืชและซากสัตว์ปะปนอยู่ด้วย ในการใช้งานจึงต้องนำทรายมาล้างแยกดินซากพืชและซากสัตว์ออกให้สะอาด ทรายจากทะเลทรายก็จัดเป็นทรายบกด้วย

ทรายแม่น้ำ

ทรายชนิดนี้มีอยู่ทั่ว ๆ ไปในที่ราบลุ่มของแม่น้ำ ทรายชนิดนี้เกิดจากปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ โดยกระแสน้ำได้พัดพาทรายจากที่ต่าง ๆ มาตกตะกอนรวมกันในแหล่งที่ราบลุ่มที่เป็นที่รวมของทราย

ขนาดของทราย

ในการก่อสร้างทั่ว ๆ ไป ทรายแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. ทรายหยาบ เป็นทรายที่มีเม็ดใหญ่ มีเหลี่ยมคม และแข็งแรงดีมาก เหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่ต้องการความแข็งแรงมาก ๆ
2. ทรายกลาง เป็นทรายที่มีขนาดเล็กกว่าทรายหยาบ เป็นทรายที่เหมาะสำหรับงานปูนทั่วไป เช่น งานก่ออิฐถือปูน พื้นบ้าน ทางเท้า
3. ทรายละเอียด เป็นทรายที่มีขนาดเม็ดเล็กมาก เหมาะสำหรับงานปูนฉาบ ทำบัว

ทรายที่ใช้เป็นทรายแม่น้ำที่มีขนาดคละตามมาตรฐาน ASTM C33 และตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 566) โดยค่าความถ่วงจำเพาะที่สภาพอิ่มตัวผิวแห้งและค่าการดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน ASTM C128

2.1.3 **หญ้าแฝก**(Vertiveria Zizanioides)

หญ้าแฝกจัดเป็นหญ้าเขตร้อนที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติ กระจัดกระจายทั่วไปในสภาพแวดล้อมต่างๆ ซึ่งในประเทศไทยจะพบหญ้าแฝกขึ้นอยู่ตามธรรมชาติในพื้นที่ทั่วไปจากที่ลุ่มจนถึงที่ดอน สามารถขึ้นได้ในดินเกือบทุกชนิด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Vetiveria zizanioides เป็นพืชตระกูลหญ้าขึ้นเป็นกอหนาแน่น เจริญเติบโตโดยการแตกกออย่างรวดเร็ว เส้นผ่าศูนย์กลางกอประมาณ 30 เซนติเมตร ความสูงจากยอดประมาณ 0.5 ถึง 1.5 เมตร ลักษณะใบแคบยาวประมาณ 75 เซนติเมตร ความสูงจากยอดประมาณ 75 เซนติเมตร ความกว้างประมาณ 8 มิลลิเมตร ค่อนข้างแข็ง หากนำมาปลูกติดต่อกันเป็นแนวยาวขวางแนวลาดเทของพื้นที่ กอซึ่งอยู่เหนือดินจะแตกกอติดต่อกันเหมือนรั้วต้นไม้ สามารถกรองเศษพืชและตะกอนดิน ซึ่งถูกน้ำชะล้างพัดพามาตกทับถมดินติดอยู่กับกอหญ้าเกิดเป็นคันดินตามธรรมชาติได้ หญ้าแฝกเป็นพืชที่มีระบบรากลึกเจริญเติบโตในแนวดิ่งมากกว่าออกทางด้านข้างและมีจำนวนรากมากจึงเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดี รากจะประสานติดต่อกันแน่นหนาเสมือนม่านหรือกำแพงใต้ดิน สามารถกักเก็บน้ำและความชื้นได้ ระบบรากแผ่ขยายกว้างเพียง 50 เซนติเมตร โดยรอบกอเท่านั้น ไม่เป็นอุปสรรคต่อพืชที่ปลูกข้างเคียง จัดเป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยให้ดินมีความชื้นและรักษาหน้าดิน เพื่อใช้สำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจ ซึ่งการใช้หญ้าแฝกในการอนุรักษ์ดินและน้ำดังกล่าวเป็นวิธีการที่ง่ายน้อยมาก ซึ่งจะเป็นการนำไปสู่การพัฒนาระบบเกษตรกรรมในเขตพื้นที่การเกษตรน้ำฝนให้มีความมั่นคงและยั่งยืน สามารถนำวิธีการนี้ไปใช้ในพื้นที่อื่น ๆ เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมและอนุรักษ์สภาพแวดล้อมและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เช่น พื้นที่สองข้างของทางคลองชลประทานอ่างเก็บน้ำ บ่อน้ำ ป่าไม้ ป้องกันขอบตลิ่ง คอสะพาน ไหล่ถนน เป็นต้น

คุณสมบัติโดยทั่วไปของหญ้าแฝก

1. หญ้าแฝกมีการแตกหน่อ รวมเป็นกอเบียดกันแน่น กอมีความแข็งแรงตั้งตรง และไม่แผ่ขยายด้านข้าง
2. หญ้าแฝกเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว อายุยืน อยู่ได้หลายปีเพราะมีการแตกหน่อใหม่ และไม่ต้องดูแลมาก
3. หญ้าแฝกมีข้อที่ลำต้นถี่ และเกิดจากการย่างปล้อง สามารถขยายพันธุ์โดยใช้หน่อได้ตลอดปี
4. หญ้าแฝกส่วนใหญ่ไม่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด ทำให้ สามารถควบคุมการแพร่ขยายได้
5. หญ้าแฝกมีใบยาว เมื่อตัดสามารถแตกใหม่ได้ง่าย ใบคม แข็งแรง และทนทานต่อการย่อยสลาย
6. หญ้าแฝกมีระบบรากยาว ประสานกันอย่างหนาแน่นช่วยยึดดิน และรากมีลักษณะอวบ สามารถอุ้มน้ำได้ดี
7. บริเวณรากหญ้าแฝก เป็นที่อาศัยของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์หลายชนิดในดิน
8. หญ้าแฝกสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีและมีความทนทานต่อโรคพืชทั่วไป
9. หญ้าแฝกมีส่วนที่เจริญอยู่ต่ำกว่าผิวดิน ช่วยให้ สามารถอยู่รอดได้ต่อสภาพต่างๆ ดีกว่า

สายพันธุ์หญ้าแฝก

1. หญ้าแฝกดอน (Vetiveria nemoralis A.Camus)

ลักษณะที่สำคัญ คือ หลังใบโค้งปลายใบ แบนมีสีเขียวเข้ม เนื้อใบค่อนข้างเนียน มีไขเคลือบ (wax) มากทำให้ดูมัน ท้องใบออกสีขาว ซีดกว่าด้านหลังใบ และเมื่อนำใบส่องดูกับแดดจะเห็นรอยกั้นขวางในเนื้อใบ (septum) โดยเฉพาะพื้นใบบริเวณส่วนโคนและกลางใบ เส้นกลางใบ (midrib) ฝังอยู่ในตัวแผ่นใบไม่โตหรือเด่นชัดเจนหญ้าแฝกลุ่มอายุประมาณ 1 ปี จะมีรากที่หยั่งลึกได้ประมาณกว่า 1เมตร จะขึ้นอยู่กับสภาพของดินและความสมบูรณ์ของพืช โดยเฉพาะดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำได้ดี หญ้าแฝกจะให้รากยาวที่สุด

2. หญ้าแฝกหอม (Vetiveria zizanioides Nash)

ลักษณะที่สำคัญ คือ ใบสีเขียวซีด หลังใบพับเป็นสันสามเหลี่ยม เนื้อใบหยาบ สากคาย มีไขเคลือบน้อย ทำให้ดูกร้านไม่เหลือบมัน ท้องใบสีเดียวกับด้านหลังใบ แต่มีสีซีดกว่า แผ่นใบเมื่อส่องกับแดดไม่เห็นรอยกั้นในเนื้อใบ เส้นกลางใบสังเกตได้ชัดเจน มีลักษณะแข็งเป็นแกนนูนทางด้านหลัง ช่อดอกของหญ้าแฝกดอนจะมีได้หลายสี ซึ่งเป็นลักษณะปกติประจำถิ่น และหญ้าแฝกดอนจะมีรากที่สั้นกว่า โดยทั่วไปหญ้าแฝกที่มีอายุประมาณ 1 ปี จะมีรากลึกประมาณ 80-100 ซม.

คุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของหญ้าแฝก

คุณสมบัติ	รายละเอียด	ค่าเฉลี่ย
คุณสมบัติทางกายภาพ	ปริมาณความชื้น – สภาพแห้ง	18.58%
	ปริมาณการดูดซึมน้ำ	197.52%
คุณสมบัติทางกล	กำลังรับแรงดึง	
	ส่วนโคนใบ	233.79 กก./ตร.ซม.
	ส่วนกลางใบ	231.63 กก./ตร.ซม.
	ส่วนปลายใบ	144.91 กก./ตร.ซม.

ตาราง 2.1 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของหญ้าแฝก

การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝก

ต้น/ใบ	ราก
กรองเศษพืช ตะกอนดินที่ถูกชะล้างมากักเก็บไว้	ดูดซับน้ำและรักษาความชุ่มชื้นในดิน
ทำวัสดุมุงหลังคา	ดูดซับแร่ธาตุ อาหาร/สลายกลายเป็นอินทรียวัตถุในดินทำให้ดินร่วนซุย
วัสดุดิบทำกระดาษ	ดูดซับสารพิษจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช
ทำเชือก, เสื่อ, หมวก, ตะกร้า, ฯลฯ	ช่วยทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น
ใช้เป็นอาหารสัตว์พวก แกะ โค กระบือ ฯลฯ	ทำฉาก, ม่านตา, พัด, กระเป๋าถือ
ใช้เป็นวัสดุคลุมดิน, ใช้รองคอกสัตว์	สมุนไพรและเครื่องประทินผิว
ทำวัสดุเพาะเห็ด ทำปุ๋ยหมัก	กลั่นทำน้ำหอม, ส่วนผสมของสบู่
อื่น ๆ	ป้องกันแมลงและหนู
	อื่น ๆ

ตาราง 2.2 แสดงการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝก

2.1.4 ไม้ไผ่

ไม้ไผ่ เป็นวัสดุที่เก่าแก่ที่สุดที่มนุษย์รู้จักนำมาใช้เพื่อความสะดวกสบายในชีวิตประจำวัน ในขณะที่โลกปัจจุบันเป็นเรื่องของพลาสติกและเหล็ก แต่ก็ยังมีโครงการร่วมมือค้นคว้า เรื่องไม้ไผ่ ระหว่างชาติต่าง ๆ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลทางวิชาการในการใช้ไม้ไผ่ซึ่งกันและกันในประเทศลาตินอเมริกัน 6 ประเทศ ในขณะนี้ได้มีโครงการวิจัยร่วมกันเพื่อจะหาชนิดของไม้ไผ่ที่ดีที่สุดจากภาคต่าง ๆ ทั่วโลก

ไม้ไผ่เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในวงศ์ Gramineae เช่นเดียวกับหญ้าแต่เป็นพืชตระกูลหญ้าที่สูงที่สุดในโลก และเป็นพืชเมืองร้อน ไม้ไผ่ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ใช้ในการก่อสร้างไม้นั่งร้าน ทาสีฉาบปูน ใช้จักสานภาชนะต่าง ๆ ใช้ทำเครื่องดนตรี ใช้เป็นเยื่อกระดาษในอุตสาหกรรมทำกระดาษ ทำเครื่องกีฬา ใช้เป็นอาวุธ เช่น คันธนู หอก หลาว ใช้เป็นเครื่องอุปกรณ์การประมง เช่น ทำเสาโป๊ะ ทำเครื่องมือในการเกษตร นอกจากนั้นใบยังใช้ห่อขนม หน่อไผ่ใช้เป็นอาหารอย่างวิเศษ และกอไผ่ยังใช้ประดับสวนได้งดงาม ไม้ไผ่ทั่วโลกที่รู้จักกันมีประมาณ 75 สกุล ที่ได้สำรวจพบในเมืองไทยมีประมาณ 12 สกุล แยกเป็นชนิดประมาณ 44 ชนิด

ชนิดของไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้าง

1. ไผ่ตง (D.asper)

เป็นไผ่ในสกุล Dendrocalamus นิยมปลูกกันในภาคกลางโดยเฉพาะที่จังหวัดปราจีนบุรีปลูกกันมาก เป็นไผ่ขนาดใหญ่ ลำต้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6-12 เซนติเมตร ไม่มีหนามปล้องยาวประมาณ 20 เซนติเมตร โคนต้นมีลายขาวสลับเทา มีขนเล็ก ๆ อยู่ทั่วไปของลำ มีหลายพันธุ์ เช่นไผ่ตงหม้อ ไผ่ตงดำ ไผ่ตงเขียว ไผ่ตงหนู เป็นต้น หน่อใช้รับประทานได้ ลำต้นใช้สร้างอาคาร เช่น เป็นเสาโครงหลังคา เพราะแข็งแรงดี ไผ่ตงมีต้นกำเนิดจากประเทศจีน ชาวจีนนำมาปลูกในประเทศไทยประมาณปี พ.ศ. 2450 ปลูกครั้งแรกที่ตำบลพระราม จังหวัดปราจีนบุรี

2. ไผ่สีสุก (B.flaxuosa)

อยู่ในสกุล Bambusa ไผ่ชนิดนี้มีอยู่ทั่วไปและมีมากในภาคกลางและภาคใต้ลำต้น เขียวสด เป็นไผ่ขนาดสูงใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นประมาณ7-10 เซนติเมตร ปล้องยาวประมาณ 4-10 เซนติเมตร บริเวณข้อมีกิ่งเหมือนหนาม ลำต้นเนื้อหนา ทนทานดี ใช้ทำนั่งร้านในการก่อสร้าง เช่น นั่งร้านทาสี นั่งร้านฉาบปูน

3. ไผ่ลำมะลอก (D.longispathus)

อยู่ในสกุล Dendrocalamus มีทั่วทุกภาคแต่ในภาคใต้จะมีน้อยมาก ลำต้นสีเขียวแก่ไม่มีหนาม ข้อเรียบ จะแตกใบสูงจากพื้นดินประมาณ 6-7 เมตร ปล้องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7-10 เซนติเมตร ลำต้นสูงประมาณ 10-15 เมตร ลำต้นใช้ทำนั่งร้านในงานก่อสร้างได้ดี

4. ไผ่ป่าหรือไผ่หนาม (B.arumdinacea)

อยู่ในสกุล Bambusa มีทั่วทุกภาคของประเทศต้นแก่มีสีเขียวเหลือง เป็นไผ่ขนาดใหญ่ มีหนามและแขนง ปล้องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 -15 เซนติเมตร ใช้ทำโครงบ้าน ใช้ทำนั่งร้าน

5. ไผ่ดำหรือไผ่ตาดำ (B.sp.)

อยู่ในสกุล Bambusa มีในป่าทึบแถบจังหวัดกาญจนบุรีและจันทบุรี ลำต้นสีเขียวแก่ ค่อนข้างดำ ไม่มีหนาม ขนาดเส้นผ่านเส้นศูนย์กลางของปล้องประมาณ 7-10 เซนติเมตรปล้องยาว 30-40 เซนติเมตร เนื้อหนา ลำต้นสูง 10-12 เมตร เหมาะจะใช้ในการก่อสร้าง จักสาน

6. ไผ่เฮียะ (C.Virgatum)

อยู่ในสกุล Cephalastachyum มีทางภาคเหนือ ลำต้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5-10 เซนติเมตร ปล้องยาวขนาด 50-70 เซนติเมตร ข้อเรียบ มีกิ่งก้านเล็กน้อย เนื้อหนา 1-2 เซนติเมตร ลำต้นสูงประมาณ 10-18 เมตร ลำต้นใช้ทำโครงสร้างอาคาร เช่น เสา โครงคลังคา คาน

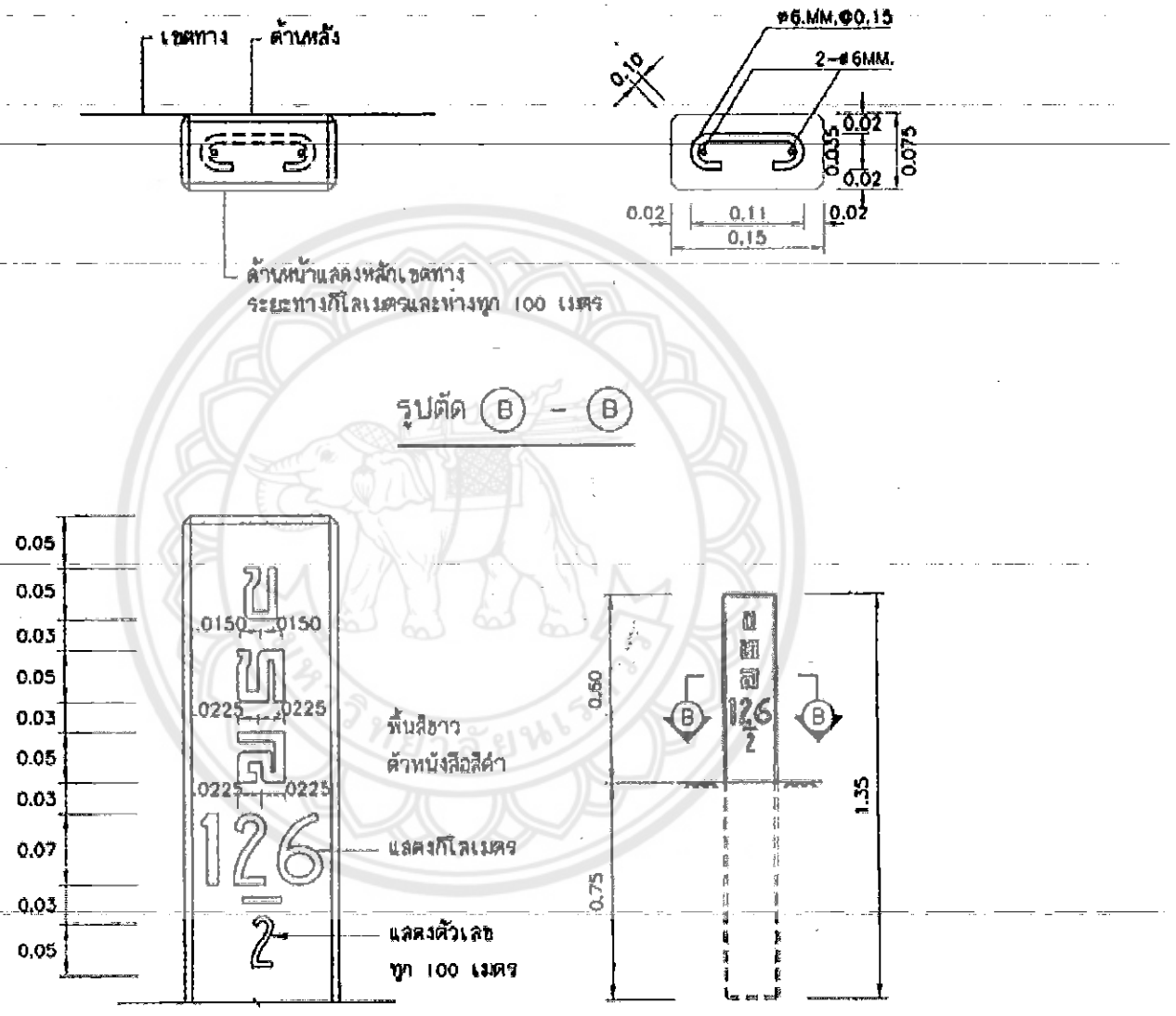
7. ไผ่รวก (T. siamensis)

อยู่ในสกุล Thyrsostachys มีมากทางจังหวัดกาญจนบุรี ลำต้นเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.7 เซนติเมตร สูงประมาณ 5-10 เมตร ลักษณะเป็นกอ ลำต้นใช้ทำรั้ว ทำเยื่อกระดาษ ไม้รวกที่ส่งออกขายต่างประเทศ เมื่อทำให้แห้งดีแล้ว จะนำไปจุ่มลงในน้ำมันโซลาเพื่อกันแมลง น้ำมันโซลา 20 ลิตร จะอาบไม้รวกได้ประมาณ 40,000 ลำ

ไม้ไผ่นั้นมีค่าพิกัดแห่งความยืดหยุ่นต่ำ และเป็นวัสดุที่ยืดตัวมากกว่าเหล็กถึงประมาณ 14 เท่า เมื่อรับแรงเท่ากัน ไม้ไผ่ต้านแรงดึงได้ 13,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ข้อและต้านแรงดึงได้ 17,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรที่ปล้อง เพราะเหตุที่ไม้ไผ่ดูดน้ำมาก เมื่อนำมาเสริมคอนกรีตแทนเหล็กเสริม ทำให้การยึดเกาะกับคอนกรีตต่ำ ถ้านำไม้ไผ่มาเสริมคอนกรีตขณะที่เทคอนกรีตซึ่งมีน้ำผสมอยู่ ไม้ไผ่จะพองตัว และต่อมาไม้ไผ่หดตัวลงเนื่องจากน้ำระเหยไป จะทำให้ไม้ไผ่ที่เสริมแยกตัวกับคอนกรีตที่หุ้มอยู่ ไม้ไผ่จึงไม่เหมาะสำหรับมาเสริมคอนกรีตโครงสร้าง แต่อาจใช้ได้สำหรับเสริมพื้นคอนกรีตที่ติดกับดินและไม่ได้รับน้ำหนักมากนัก

2.2 ความรู้พื้นฐานและการใช้ประโยชน์จากเสานำทาง

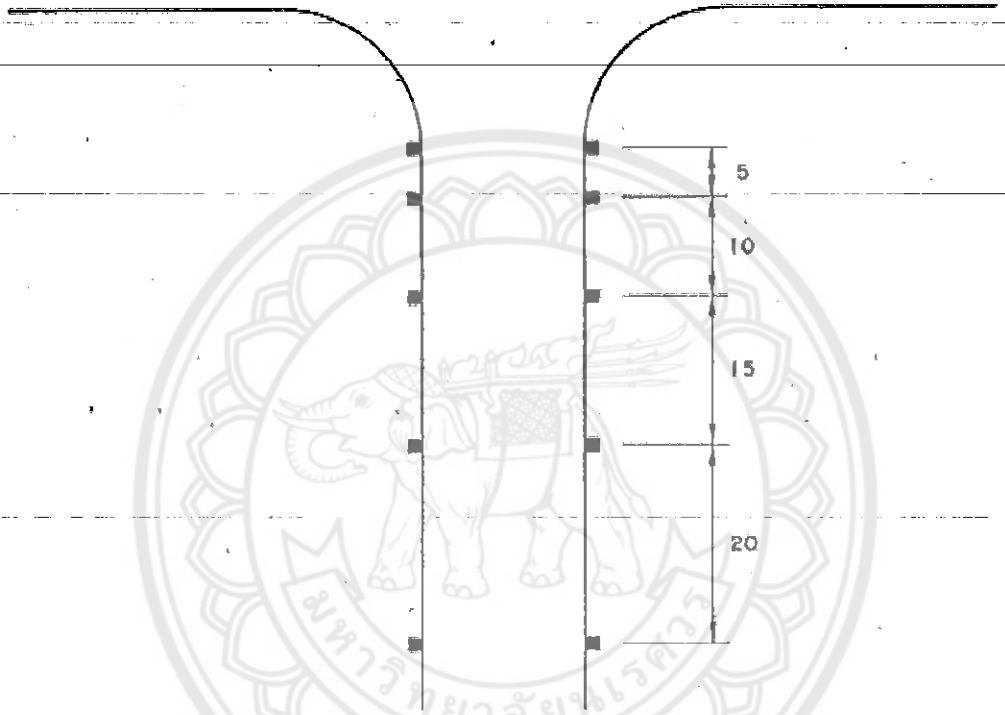
ลักษณะและรูปร่างของเสานำทางตามมาตรฐานกรมทางหลวง



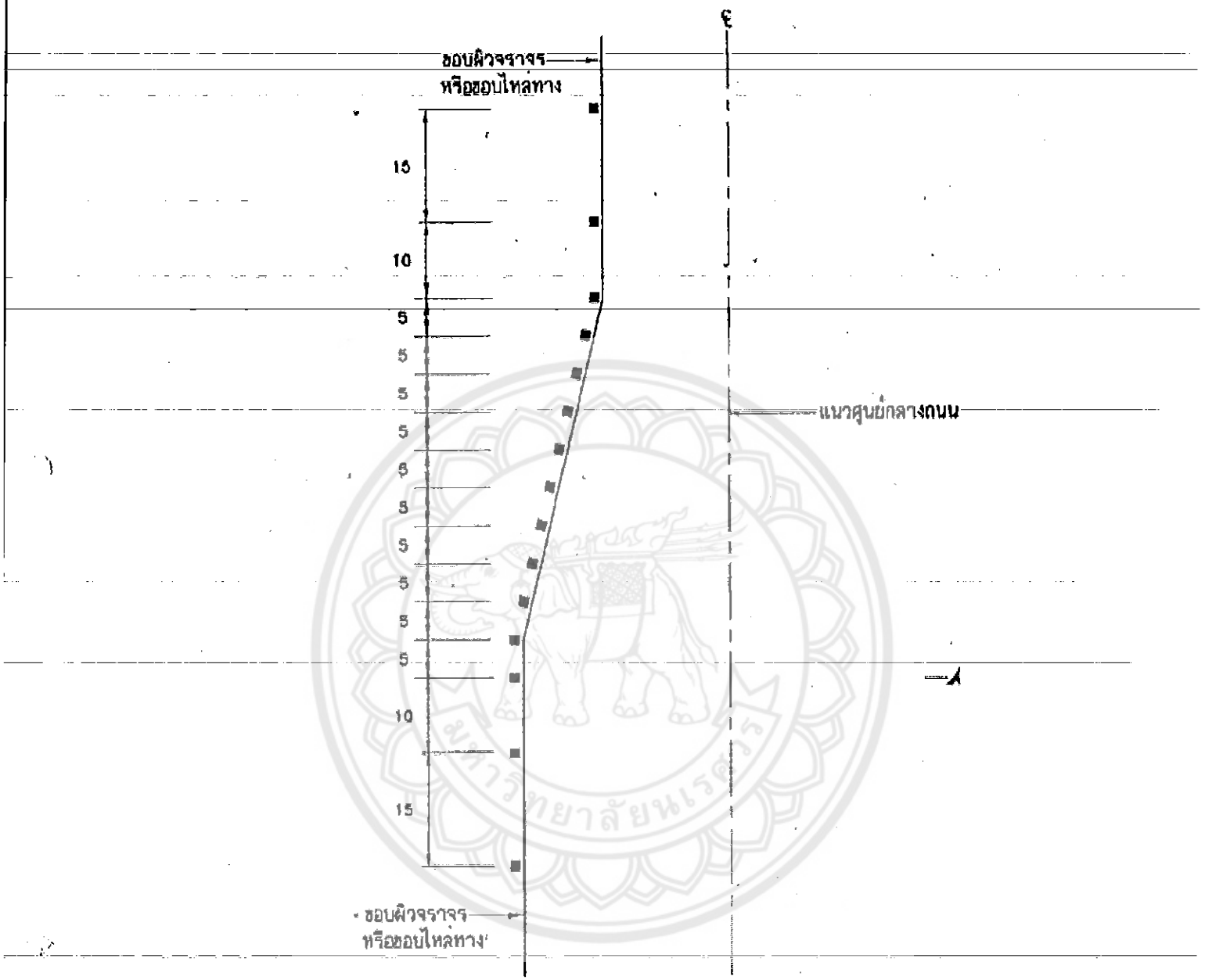
รูป 2.1 แสดงลักษณะและรูปร่างของเสานำทางตามมาตรฐานกรมทางหลวง

การติดตั้งเสานำทางบริเวณจุดที่เป็นอันตรายและบริเวณทางโค้งราบ

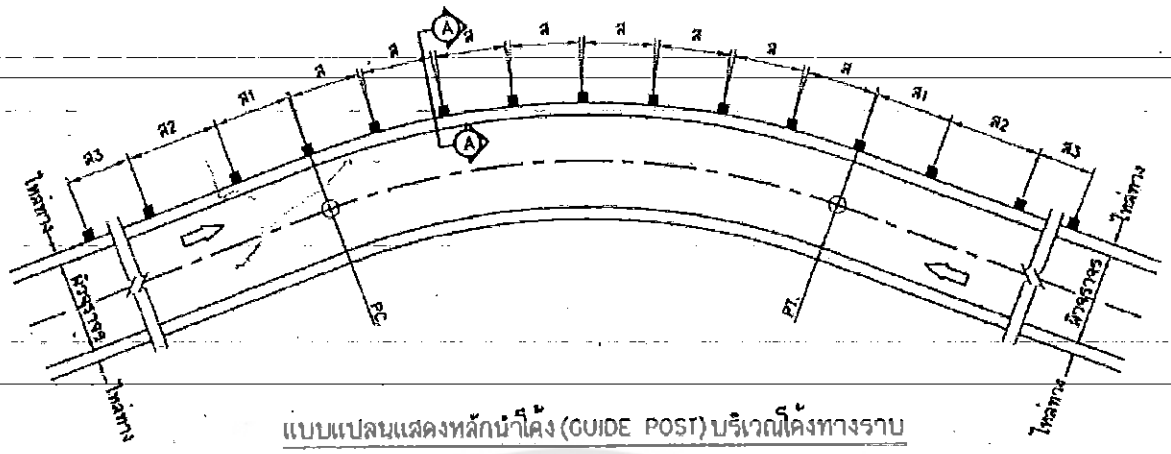
1. บริเวณ ก่อนถึงทางแยกให้ใช้หลักน่าโค้ง ทาสีขาวแดง ขนาดเหมือนหลักน่าโค้งทั่วไป



รูป 2.2 แสดงการติดตั้งเสานำทางก่อนถึงทางแยกตามมาตรฐานกรมทางหลวง



รูป 2.3 แสดงการติดตั้งเสานำทางบริเวณที่เปลี่ยนความกว้างของผิวทางตามมาตรฐานกรมทางหลวง



แบบแปลนแสดงหลักนำโค้ง (GUIDE POST) บริเวณโค้งทางราบ

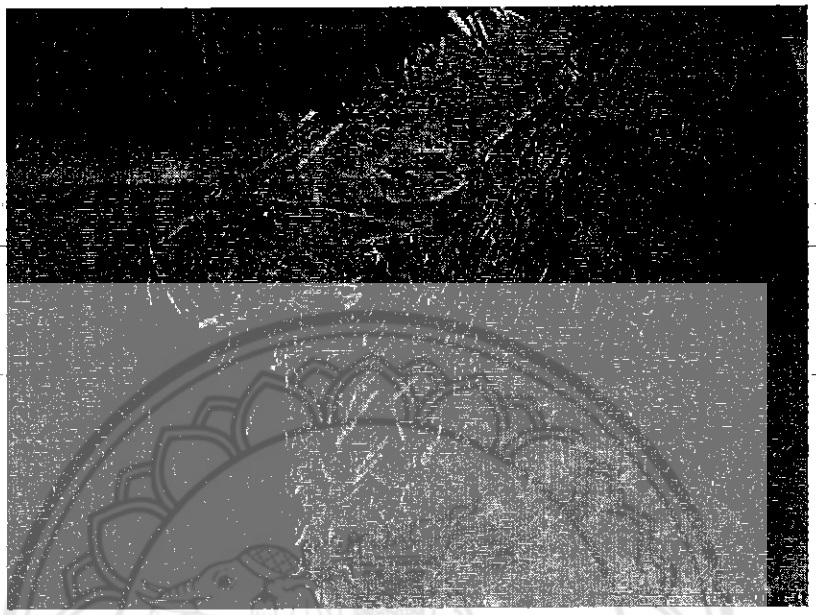
รูป 2.4 แสดงการติดตั้งเสานำทางบริเวณโค้งทางราบตามมาตรฐานกรมทางหลวง

ตารางระยะเครื่องหมายนำทางโดยใช้หลักนำโค้ง (GUIDE POST)

รัศมีโค้ง	ระยะห่างของเครื่องหมายนำทางตอนที่อยู่ในโค้ง (ส.)	ระยะห่างของเครื่องหมายนำทางตอนที่อยู่นอกโค้ง ถึง ต้นโค้งและเลยจุดปลายโค้ง		
		ช่วงที่ 1 (ส1)	ช่วงที่ 2 (ส2)	ช่วงที่ 3 (ส3)
เมตร	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร
น้อยกว่า 75	4	7	12	24
75 - 99	6	11	18	36
100 - 149	7	13	21	42
150 - 199	8	14	24	48
200 - 299	9	16	27	54
300 - 500	10	18	30	60
มากกว่า 500	15	27	45	60

ตาราง 2.3 แสดงระยะห่างการติดตั้งของเสาหลักนำทางในทางโค้ง

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการทำโครงงาน



รูป 2.5 ตัวอย่างอิฐดินดิบผสมหญ้าแฝก

จากการศึกษางานวิจัยเรื่องอิฐดินดิบผสมหญ้าแฝกของ เสน่ห์, ชัยวัฒน์ , ฤกษ์ชัย, 2550 พบว่า กรรมวิธีการขึ้นรูปอิฐดินดิบผสมหญ้าแฝกขนาด 20x40x10 เซนติเมตร โดยอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดของการขึ้นรูปคือ 1 : 0.15 : 0.3 :0.5 (โดยปริมาตร) ซึ่งวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมของการขึ้นรูปอิฐดินดิบผสมหญ้าแฝกประกอบด้วย ดิน : ทราย : หญ้าแฝกสับยาวประมาณ 2-5 เซนติเมตร : น้ำ ตามลำดับ โดยส่วนผสมดังกล่าวให้กำลังรับแรงดัดสูงสุด ที่ 0.23 ksc

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการ

1. บ่อคอนกรีต
2. เครื่องทดสอบแรงดัด
3. ไม้แบบสำหรับขึ้นรูปเสานำทางขนาด 100x15x10 เซนติเมตร
4. ผ้าพลาสติกใส
5. ถัง จอบ เสียม
6. ไม้บรรทัด,ตลับเมตร
7. เกรียง
8. มีด
9. น้ำมันสำหรับเคลือบไม้แบบเสานำทาง

3.2 วัสดุที่ใช้

1. ดินเหนียวจาก บ้านแสงดาว อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
2. ทรายละเอียดใน จังหวัดพิษณุโลก
3. หญ้าแฝก เป็นพันธุ์แฝกดอนจากตำบลหนองแขม อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก
4. น้ำประปา
5. วัสดุเคลือบผิวเสานำทาง
6. ไม้ไผ่

3.3 วิธีการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงการวิจัย จะทำการศึกษาความเหมาะสมของหญ้าแฝก ทราย ดินเหนียวและน้ำในการผสมวัสดุ เพื่อใช้ในการขึ้นรูปเสานำทางต้นทุนต่ำ ตลอดจนขั้นตอนการจัดเตรียม การจัดการวัตถุดิบ รวมถึงเทคนิคในการขึ้นรูปเสานำทาง ศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสม และทำการทดสอบตามมาตรการทดสอบวัสดุ ทำการเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของเสานำทาง ในแต่ละส่วนผสมที่ทำการทดลอง รายละเอียดดังผังแสดงขั้นตอนโครงการ ดังรูป3.1

รูป 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุและการทดสอบคุณสมบัติวัสดุ

3.3.1.1 การทดสอบคุณสมบัติดินเหนียวเรื่อง ขีดจำกัดอัตเตอร์เบิร์ก (Atterberg's Limits)

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษา หาคุณสมบัติ ดินเม็ดละเอียด และค่าขีดจำกัดอัตเตอร์เบิร์ก

อ้างอิง

ASTM D 4318 และ AASHTO T89 T90 T92

ทฤษฎี

ดินประเภทเม็ดละเอียด (fine-grain soil) เช่นดินเหนียว และ ดินตะกอน มีสถานภาพของมวลดิน หลายสถานะ ขึ้นอยู่กับ ปริมาณน้ำในมวลดิน และปริมาณน้ำในมวลดินจะมีผลต่อกำลังของดินประเภทนี้ด้วย อัตเตอร์เบิร์ก (1911) กำหนดสถานภาพของมวลดิน แบ่งเป็น 3 สถานะ ดังนี้

1. Liquid Limit (L.L.) คือปริมาณน้ำ ในดินที่จุด ซึ่งดินเริ่มเปลี่ยน สถานภาพของเหลว เป็นสถานภาพพลาสติก เป็นค่าขีดจำกัด ที่ดินสามารถไหลได้ ด้วยน้ำหนักของตัวเอง

2. Plastic Limit (P.L.) คือปริมาณน้ำ ในดินที่จุด ซึ่งดินเริ่มเปลี่ยน สถานภาพพลาสติก เป็นสถานภาพวัสดุกึ่งของแข็ง เป็นค่าขีดจำกัด ที่ดินสามารถถูกคลึงเป็นเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว โดยไม่เกิดรอยแตกที่ผิว

3. Shrinkage Limit (S.L.) คือปริมาณน้ำ ในดินที่จุด ซึ่งดินเริ่มเปลี่ยน สถานภาพวัสดุกึ่งของแข็ง เป็นสถานภาพของแข็ง เป็นค่าขีดจำกัด ที่ดินจะไม่เปลี่ยนปริมาตร เมื่อสูญเสียน้ำ

อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องมือทดสอบ Liquid Limit และ Grooving Tool
2. แผ่นแก้วทดลอง หาค่า Plastic Limit
3. ชุดทดสอบ Shrinkage Limit

อุปกรณ์ประกอบ (ใช้ร่วม)

1. น้ำกลั่น
2. เครื่องชั่ง ความละเอียด 0.01 กรัม
3. ตู้อบดิน
4. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ ผสมดิน
5. มีดปาดดิน
6. กระป๋อง อบดิน 4 - 5 อัน
7. ขวดฉีดน้ำ ใส่น้ำกลั่น

การทดลอง

ก. การเตรียมดิน

1. ดินที่มีส่วนผสมของดินเม็ดหยาบ ต้องตากดินให้แห้ง โดยการผึ่งแดด หรือ ผึ่งในที่ร่มจนแห้ง

2. ร่อนดินผ่านตะแกรง เบอร์ 40 ให้ได้น้ำหนักประมาณ 150-200 กรัม

3. ดินที่มีความชื้น อาจแยกดินผ่านตะแกรง เบอร์ 40 ด้วยการบี้ดินบนตะแกรง จนได้จำนวนดิน ผ่านตะแกรง เพียงพอ สำหรับการทดลอง

4. ดินที่มีเม็ดละเอียด อื่นๆ ควรเตรียมตัวอย่างจากดินชื้น ไม่ควรทำให้ดินแห้ง จนจับตัวเป็นก้อนแข็ง) โดยทดลองผ่านตะแกรง เบอร์ 40

5. เตรียมดิน สำหรับการทดลอง ประมาณ 150-200 กรัม

6. สำหรับดินเหนียว ที่แข็งมาก แบ่งดินที่จะใช้ ในภาชนะโดยตัดดินเป็นชิ้นบางๆ เติมน้ำลงไปจนท่วมดิน แล้วแช่น้ำไว้ค้างคืน จะทำให้ กวนผสมดินได้ง่ายขึ้น

ข. การทดลอง Liquid Limit (ทำการทดสอบ จากแห้ง ไปสู่ เปียก)

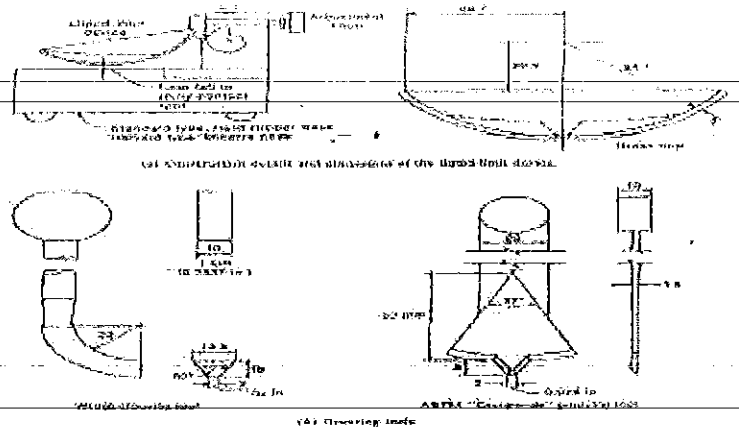
1. ผสมน้ำ ในดินที่เตรียมไว้ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ ผสมดิน และกวนดินให้เข้า จนเป็นเนื้อเดียวกัน แยกดินส่วนหนึ่งไว้ สำหรับการทดลอง Plastic Limit ประมาณ 20-30 กรัม

2. ใช้มีดปาดดิน ตักดินใส่เครื่องมือทดลอง Liquid Limit กดอัดมีดให้ติดก้นกระทะ ปาดให้เรียบ ความหนาขอดินเหนียวเหลว ประมาณ 10 มม. จากก้นกระทะ

3. ใช้ Grooving Tool ปาดตรงกลาง

4. เริ่ม เคาะกระทะด้วยอัตรา ความเร็ว 120 ครั้งต่อนาที จนกระทั่งร่องดินที่ปาด ไปไหลเข้ามาชนกัน ยาว ประมาณ 13 มม.(1/2 นิ้ว) นับจำนวนครั้งที่เคาะ การทดลองครั้งแรกควรมีค่า ในช่วงประมาณ 25 - 45 ครั้ง

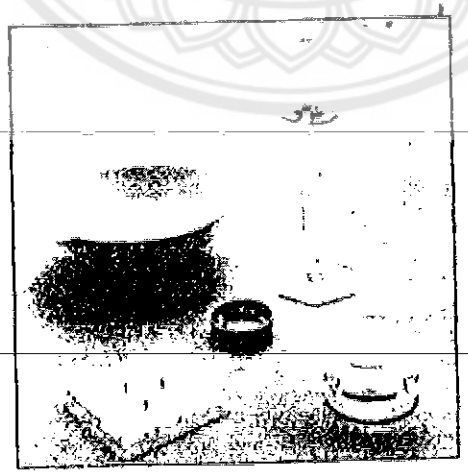
5. เมื่อได้ จำนวนครั้งเคาะที่เหมาะสมแล้ว เก็บตัวอย่างดิน บริเวณร่องที่ไหลมาชนกัน ปริมาณ 15 กรัม ไปหาปริมาณความชื้น



The liquid limit equipment

a) the 13-mm two soil parts in contact at L.L

b) the 3-mm diameter soil thread at P.L.



Shrinkage limit apparatus

รูป 3.2 แสดงอุปกรณ์ในการปฏิบัติการทดสอบดินเหนียวเรื่อง ขีดจำกัดอัตเตอร์เบิร์ก

6. ทำการทดลองซ้ำ ด้วยการเพิ่มน้ำให้ดินตัวอย่าง คลุกเค้าให้เข้ากัน ดังข้อ 4 และ ข้อ 5 โดยผลการทดลองควรมีค่าการเคาะที่มากกว่าและน้อยกว่า 25 ครั้งอยู่ด้วย และนำตัวอย่างดินเหนียวเหลวไปหาความชื้น ประมาณ 4 - 5 ค่า จึงหยุดการทดลอง

7. นำข้อมูล ระหว่างจำนวนครั้งการเคาะ (N) กับปริมาณความชื้น (%) ไปเขียนกราฟ

8. จากกราฟ หาจำนวนครั้งการเคาะ 25 ครั้ง ลากมาตัดกราฟเส้นตรง และลากตัดแกนของปริมาณความชื้น ซึ่งกำหนด เป็น ค่า Liquid Limit

ค. การทดลอง Plastic Limit (ทำการทดสอบ จากเปียก ไปสู่ แห้ง)

1. นำดินชิ้นที่คลุก แยกไว้แต่แรก มาปั้น บนแผ่นกระจก ด้วยฝ่ามือ ขนาด 1 ซม.

2. คลึงดินบนแผ่นกระจกทดลอง ด้วยฝ่ามือ จนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 3.2 มม. (1/8 นิ้ว) ภายในเวลา ไม่เกิน ประมาณ 2 นาที ดินจะเริ่มมีรอยแตกเกิดขึ้น และแตกออกจากกัน โดยไม่สามารถปั้นให้เล็กลงไปกว่า 3.2 มม. แสดงว่า ความชื้น ณ สถานภาพดิน นั้น เป็นค่า Plastic Limit

3. เก็บเศษดินที่ปั้น เพื่อนำไปหาความชื้น ดังกล่าว

4. ควรทำการทดลอง Plastic Limit อีกสัก 2 - 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย.

ง. การทดลอง Shrinkage Limit

1. ใช้ตัวอย่างดินประมาณ 100 กรัม ถ้ามีดินเม็ดหยาบ ร่อนผ่านตะแกรง เบอร์ 40 หรือ ถ้าดินชื้น ใช้วิธีเลือกเก็บดินเม็ดหยาบออก หรือใช้วิธีบี้ดิน บนตะแกรง เบอร์ 40

2. นำตัวอย่างดินมาผสมน้ำ ใช้มีดปาดดินผสม จนเป็นเนื้อเดียวกัน เติมน้ำแล้วคลุกต่อไป จนประมาณว่า มีความชื้นสูงกว่าค่าความชื้นที่ Liquid Limit

3. ชั่งถ้วย shrinkage และทาจาราบี บางๆ ภายในถ้วย เพื่อป้องกันดินติดถ้วยเหล็ก

4. ตักดินใส่ถ้วยที่ละน้อย ประมาณ 3 ถึง 4 ชั้น โดยแต่ละครั้งพยายามไล่ฟองอากาศ ด้วยการเคาะถ้วยบนพื้นแข็ง เบา ๆ ใส่ดินต่อไปจนดินล้นปากถ้วย ปาดดินให้เรียบกับขอบถ้วย นำไปชั่งน้ำหนัก

5. ปล่อยดินให้แห้ง ที่อุณหภูมิห้อง 4 ถึง 6 ชั่วโมง จึงนำถ้วยดิน ไปเข้าตู้อบ ประมาณ 12-18 ชั่วโมง

6. นำดินออกจากตู้ ใส่ตัวอย่างดินไว้ ในอ่างดูดความชื้น (dessicator) ถ้ามี จนดินตัวอย่างเย็นลง แล้วจึงชั่งน้ำหนักดินแห้งกับถ้วย

7. นำดินที่อบแห้งแล้ว มาหาปริมาตร โดยแทนที่ปรอท ในถ้วยที่มีปรอทเต็ม ใช้แผ่นพลาสติกที่มีขาโลหะสามขา กดดินให้จมมิดปรอท ชั่งปรอทส่วนที่เหลือนำไปคำนวณปริมาตรก้อนดินแห้งต่อไป.

3.3.1.2 การทดสอบคุณสมบัติทรายเรื่องการวิเคราะห์หาส่วนขนาดของมวลรวมด้วยตะแกรง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาค่าการกระจายขนาดอนุภาคของมวลรวมละเอียด โดยร่อนด้วยตะแกรงมาตรฐาน
2. เพื่อหาส่วนขนาดคละของมวลรวมผสมให้ได้ค่าใกล้เคียงกับส่วนขนาดคละที่ต้องการมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. มาตรฐาน ASTM C 136
2. มาตรฐาน ASTM C 33

วัสดุ

มวลรวมละเอียด (ทราย) ประมาณ 500 กรัม

เครื่องมือ

1. ตะแกรงมาตรฐานอเมริกัน (U.S Sieves) สำหรับร่อนทรายเบอร์ 4,8,16,30,50,100
2. เครื่องชั่งที่มีความละเอียดไม่น้อยกว่า ร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักของมวลรวมที่ต้องการทดสอบ
3. เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้สม่ำเสมอระหว่าง $110+-5^{0}$ ซ.
4. แปลงทำความสะอาดตะแกรง
5. เกรียง
6. เครื่องร่อนมวลรวมละเอียด

ทฤษฎี

ส่วนขนาดคละที่เหมาะสมของมวลรวมในปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตจะช่วยให้คอนกรีตมีราคาถูก มีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ คุณภาพดี และทำงานง่าย นอกจากนี้ยังมีผลต่อการแยกตัวของคอนกรีต ปริมาณน้ำที่ผสม ความสะอาดในการทำงาน ความยากง่ายในการตบแต่งผิวหน้าคอนกรีต

การวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละของมวลรวมโดยการร่อนผ่านตะแกรงโดยทั่วๆ ไป ใช้ตะแกรงอยู่ 2 ชนิด คือ

1. ตะแกรงมาตรฐานอเมริกัน (U.S Sieve)

เป็นตะแกรงซึ่งมีตาเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ตะแกรงที่ใช้วัดขนาดของหินเริ่มจากเบอร์ 3" ,3/8" ,1/2" ,3/4" ,1 ½ " และ 2" สำหรับตะแกรงคัดขนาดทรายมีขนาดเรียงกันคือเบอร์ 4 , 8, 16 ,30 ,50 และ 100 ตัวเลขเบอร์บอกถึงจำนวนตาของตะแกรงต่อความยาว 1 นิ้ว เช่นเบอร์ 30 หมายความว่า 1 นิ้วแบ่งออกเป็น 30 ช่อง ดังนั้นใน 1 ตารางนิ้วจะมีจำนวนช่องทั้งสิ้น 900 ช่อง

2. ตะแกรงมาตรฐานของเทเลอร์ (Tyler Sieve)

เป็นตะแกรงซึ่งมีตาเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เช่นเดียวกับตะแกรงมาตรฐานอเมริกัน แต่มีขนาดแตกต่างกันไปเล็กน้อย อย่างไรก็ตามตะแกรงมาตรฐานของเทเลอร์ไม่เป็นที่นิยมให้ในปัจจุบันนี้

5200075

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 150819 e.2

รายละเอียดของตะแกรงมาตรฐานทั้ง 2 ชนิด ที่ใช้สำหรับงานคอนกรีตทั่วๆไป ดังแสดงใน ส.

ตารางที่ 3.1 มอก. 2551.

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดตะแกรงมาตรฐาน

ตะแกรงอเมริกัน (U.S. Sieve)	ขนาดช่องว่าง (ม.ม.)	ตะแกรงเทเลอร์ (Tyler Sieve)	ขนาดช่องว่าง (ม.ม.)
1 ½"	38.10	1 ½"	38.10
(1")	25.40	(1")	16.67
¾"	19.05	¾"	18.85
(1/2")	12.70	(1/2")	13.34
3/8"	9.53	3/8"	9.42
No. 4	4.75	No. 4	4.70
No. 8	2.38	No. 8	2.36
No. 16	1.19	No. 16	1.17
No. 30	0.589	No. 30	0.589
No. 50	0.297	No. 50	0.295
No. 100	0.15	No. 100	0.147

( ) แสดงขนาด "Half size" ซึ่งบางครั้งนิยมใช้ในงานก่อสร้าง

วิธีการทดลอง

1. แบ่งทรายที่ต้องการทดสอบออกจากที่เก็บมาประมาณ 500 กรัม โดยวิธีการแบ่งสี่ (Quartering Method) ให้ระมัดระวังอย่าให้ฝุ่นที่มีอยู่สูญเสียไปด้วย โดยอาจทำทรายให้เปียกชื้นเสียก่อนก็ได้
2. นำทรายตาม ข้อ 1. ไป อบในเตาอบให้ได้น้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิประมาณ $110+-5^{0}$
3. นำตะแกรงเบอร์ 4,8,16,30,50,100 และถาดมาซ้อนกันเป็นชุดโดยตะแกงใหญ่สุดอยู่ข้องบนสุดวางเรียงกันตามลำดับ เททรายลงบนตะแกรง 4 ซึ่งอยู่ข้างบนสุดปิดฝาให้แน่นนำเข้าเครื่องร่อน (Mechanical Shaker)
4. เปิดสวิทช์ เครื่องร่อนทรายจะทำการร่อนทรายประมาณ 10 นาทีแล้วปิดสวิทช์
5. ชั่งน้ำหนักของทรายที่ค้างบนตะแกรงแต่ละเบอร์ รวมทั้งน้ำหนักทราย บน pan ด้วยไม่ควรเททรายจากตะแกรงลงบนจานตาชั่ง โดยตรง ควรเททรายลงกระดาษก่อนที่จะนำไปชั่งเพื่อป้องกันการตกหล่นของเม็ดทราย
6. ทำความสะอาดตะแกรงด้วยแปลงอย่างระมัดระวัง
7. คำนวณหาร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรงแต่ละขนาด
8. คำนวณหาโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) โดยการรวมร้อยละน้ำหนักสะสม ที่ค้างบนตะแกรง ตั้งแต่ เบอร์ 4 ถึง 100 แล้วหารด้วย 100
9. นำเอาค่า ร้อยละสมที่ค้างบนตะแกรง แต่ละขนาดและขนาดตะแกรงมาตรฐานมาเขียนกราฟจะได้ แผนภูมิขนาดคละของทราย (Grading Chart of Sand)

3.3.1.3 การทดสอบคุณสมบัติหญ้าแฝกเรื่อง กำลังรับแรงดึงของหญ้าแฝก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบกำลังรับแรงดึงของหญ้าแฝกที่ระยะเวลา 7 , 14 , 21 วันตามลำดับ
2. เพื่อหาปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของหญ้าแฝกในการให้กำลังรับแรงดึงที่ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. มาตรฐาน ASTM C 496
2. มาตรฐาน ASTM C 192
3. มาตรฐาน ASTM C 31

วัสดุ

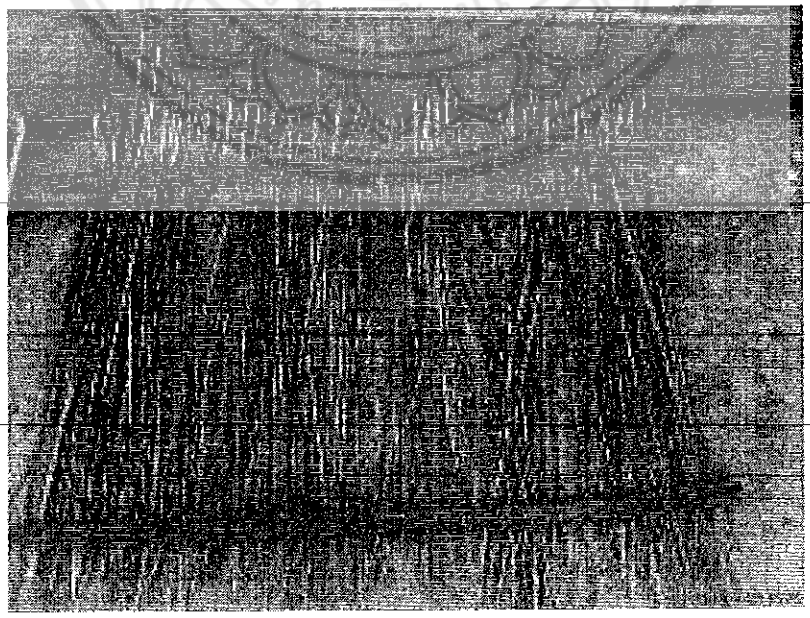
หญ้าแฝกที่มีอายุ1เดือน และทำการควบคุมความชื้นโดยการตากแดดในระยะเวลา 7 , 14 , 21 วันตามลำดับ

เครื่องมือ

1. อุปกรณ์สำหรับการทดสอบแรงดึงแยก
2. กรรไกร
3. เวอร์เนีย

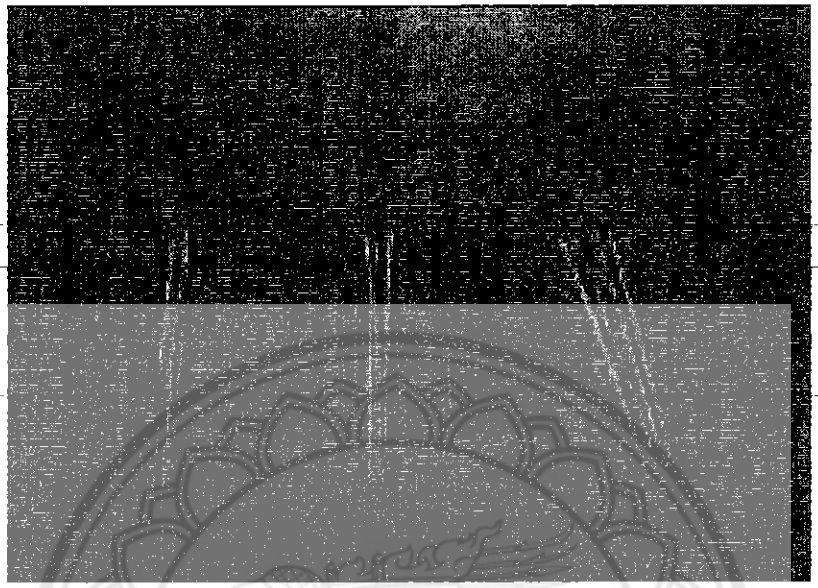
วิธีการทดลอง

1. ทำการตากหญ้าแฝกในระยะเวลา 7 , 14 , 21 วันตามลำดับ



รูป 3.3 การตากตัวอย่างหญ้าแฝกสำหรับการทดสอบ

2. ทำการตัดหญ้าแฝกตามข้อ 1. เป็นเส้นยาวประมาณ เส้นละ 10 เซนติเมตร โดยจำแนกเป็นส่วนโคน, กลาง, และปลายใบ



รูป 3.4 การตัดหญ้าแฝกแยกเป็นส่วนๆ

3. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหญ้าแฝกแต่ละส่วนตามข้อ 2. และบันทึกค่า

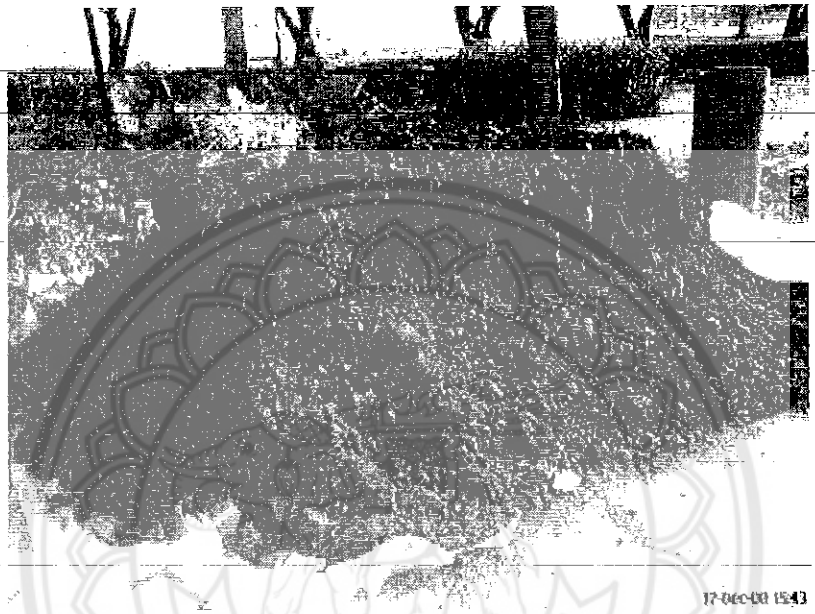
4. ทำการทดสอบแรงดึงของหญ้าแฝก และบันทึกค่า

รูป 3.5 การทดสอบกำรังรับแรงดึงของหญ้าแฝก

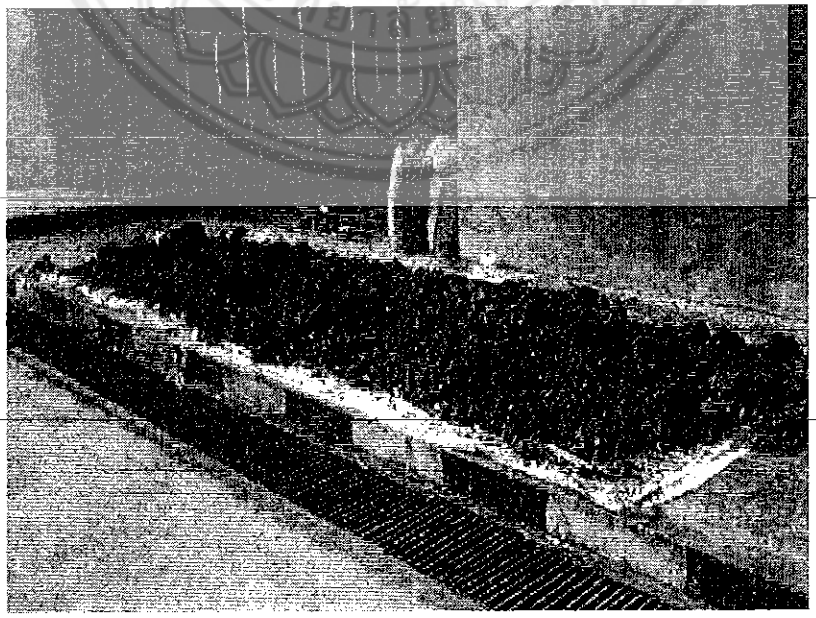
5. คำนวณหากำลังแรงดึงของหญ้าแฝก โดยจำแนกเป็นส่วนโคน, กลาง, และปลายใบ ที่ระยะเวลาการตาก 7, 14, 21 วันตามลำดับ

3.3.1.4 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุก่อนกระบวนการขึ้นรูป

1. เตรียมดินโดยการนำดินที่ได้นำไปตากแดดทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วนำมาบดให้ละเอียด ก่อนนำดินที่ได้แยกเอาวัสดุ หรือสิ่งเจือปนอื่นๆ ที่ติดมากับดินออกเพื่อให้ดินมีความละเอียดง่ายต่อการผสมแล้วนำมาหมักทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง



รูป 3.6 แหล่งดินเหนียวจากบ้านแสงดาว อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

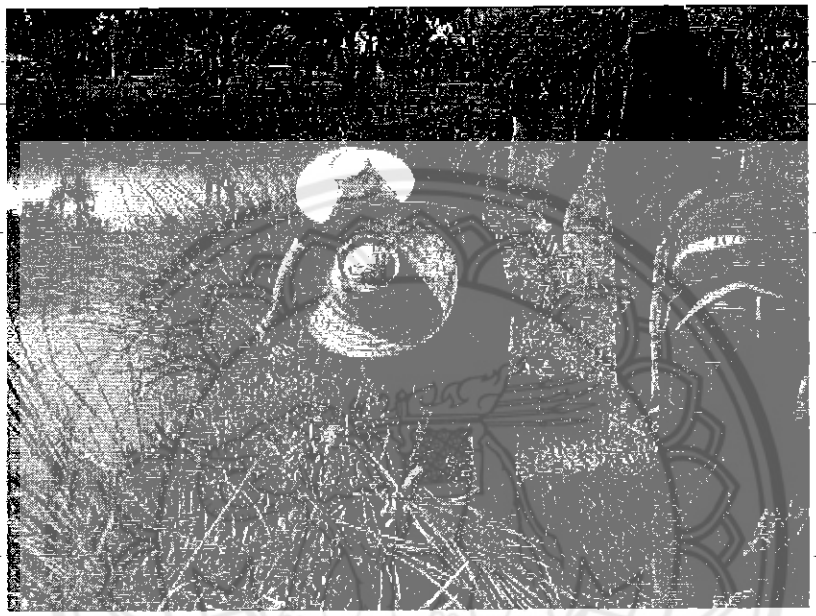


รูป 3.7 การตากดินเหนียวให้แห้งและทำการทุบดินให้ละเอียดเพื่อรอที่จะนำหมัก

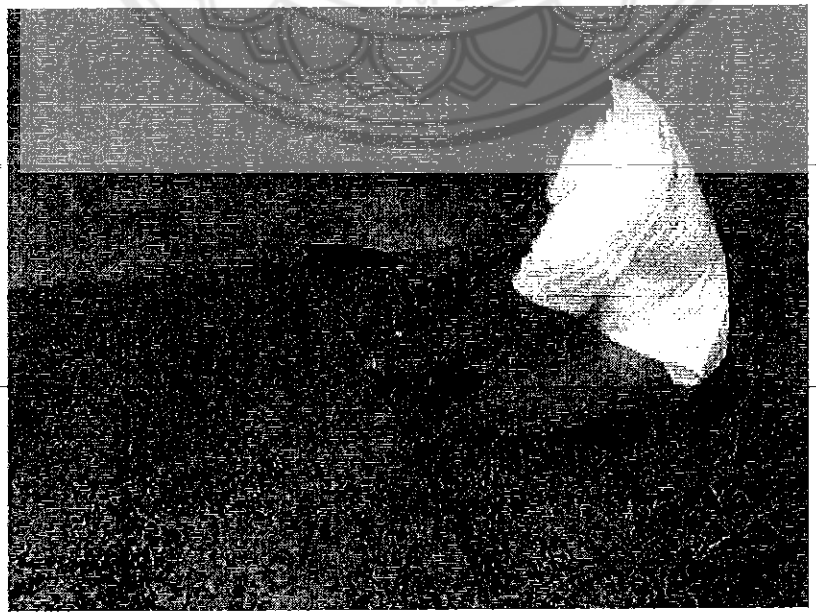
รูป 3.8 การหมักดินเหนียวตามอัตราส่วนผสมโดยทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อนำไปผสมหญ้าแฝกสับ

รูป 3.9 การย่ำดินเหนียวที่ทำการหมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงกับทรายตามอัตราส่วนผสม

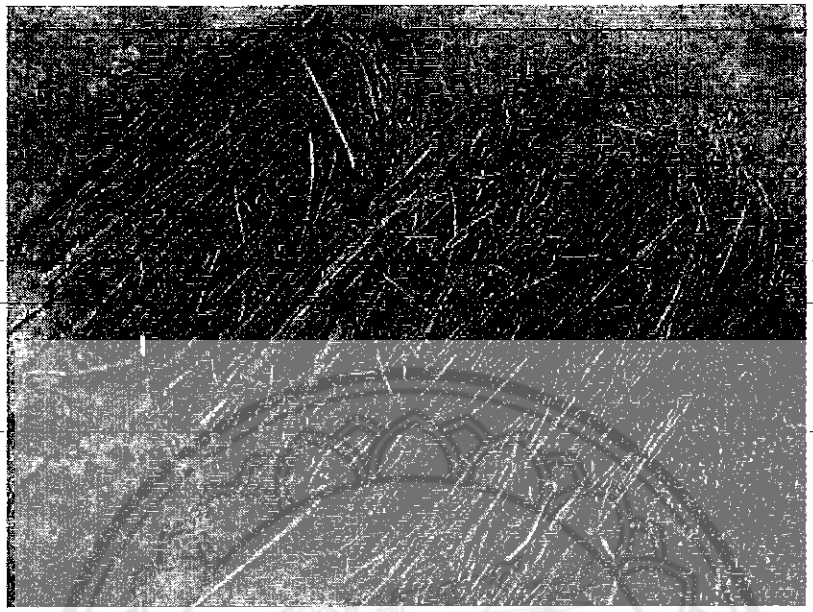
2. การเตรียมหญ้าแฝกจะจำแนกหญ้าแฝกออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 หญ้าแฝกสับเป็นเส้นยาว 2-5 เซนติเมตร และกลุ่มที่ 2 หญ้าแฝกเส้นมัดรวมกันเป็นกำโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 5 เซนติเมตร ทั้งนี้หญ้าแฝกทั้ง 2 กลุ่มจะทำการเกี่ยวหญ้าแฝกที่มีอายุ 1เดือนและตากทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน



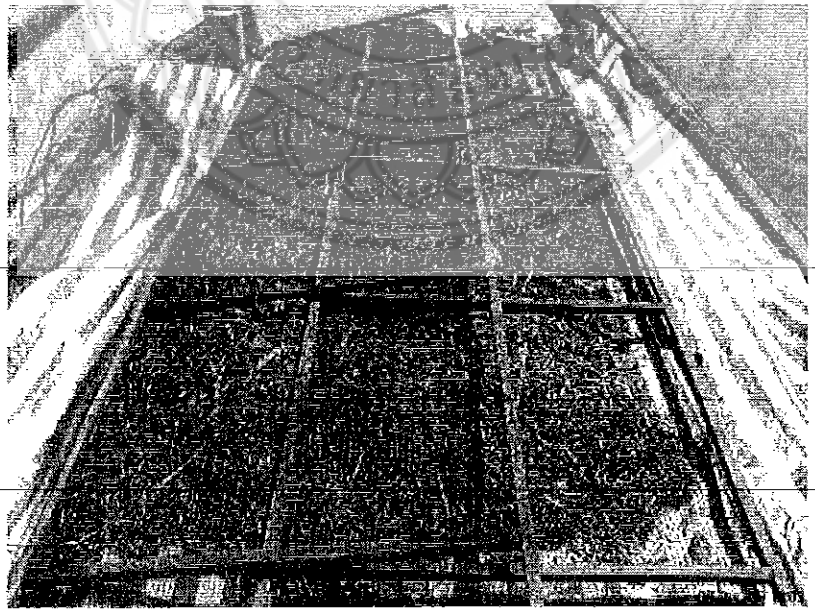
รูป 3.10 การเกี่ยวหญ้าแฝกที่มีอายุประมาณ 1เดือน



รูป 3.11 การสับหญ้าแฝกเป็นเส้นโดยมีความยาวประมาณ 2- 5 เซนติเมตร



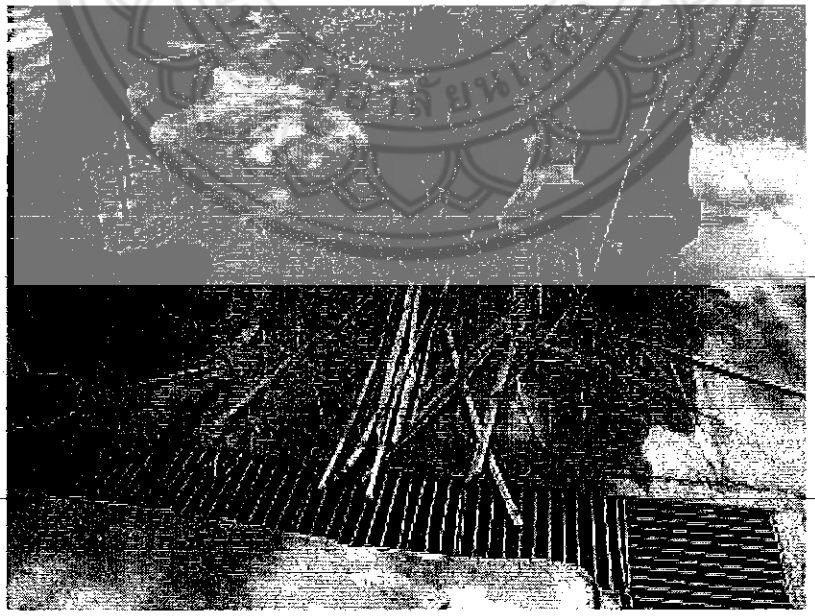
รูป 3.12 การมัดหญ้าแฝกเป็นกำโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร แล้วนำไปตากแดดให้แห้งเป็นระยะเวลา 14 วัน สำหรับเตรียมผสมโดยนำไปชุบดิน และเรียงเป็นชั้นสลับกับหญ้าแฝกสับที่ผสมกับดินเหนียวตามอัตราส่วน



รูป 3.13 การตากหญ้าแฝกที่ทำการสับเป็นเส้นละประมาณ 2-5 เซนติเมตร ให้แห้งประมาณ 14 วัน

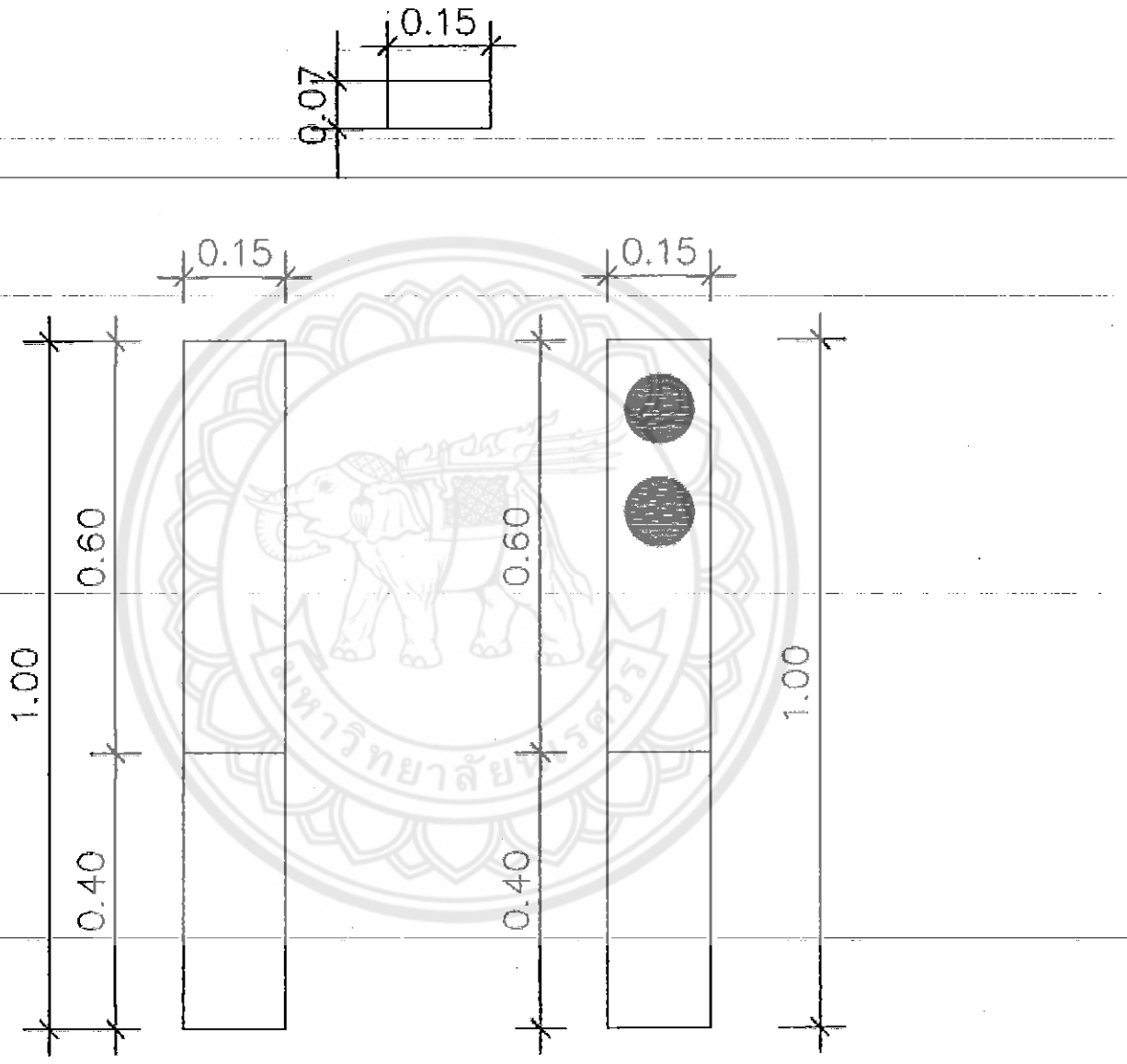
3. ทำการตัดไม่ไผ่ให้มีความยาวประมาณ 1 เมตร แล้วทำการเหลาให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1เซนติเมตร

รูปที่ 3.14 การตัดไม้ไผ่ให้มีความยาว 1เมตร



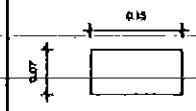
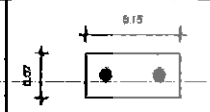
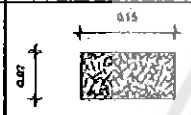
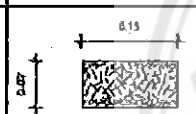
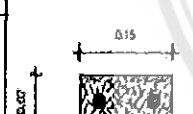
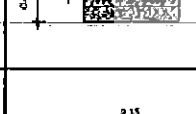
รูป 3.15 การเหลาไม้ไผ่ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1เซนติเมตร

3.3.2 ขั้นตอนการหาวิธีการขึ้นรูปที่เหมาะสมและพัฒนาอุปกรณ์ขึ้นรูปอย่างง่าย

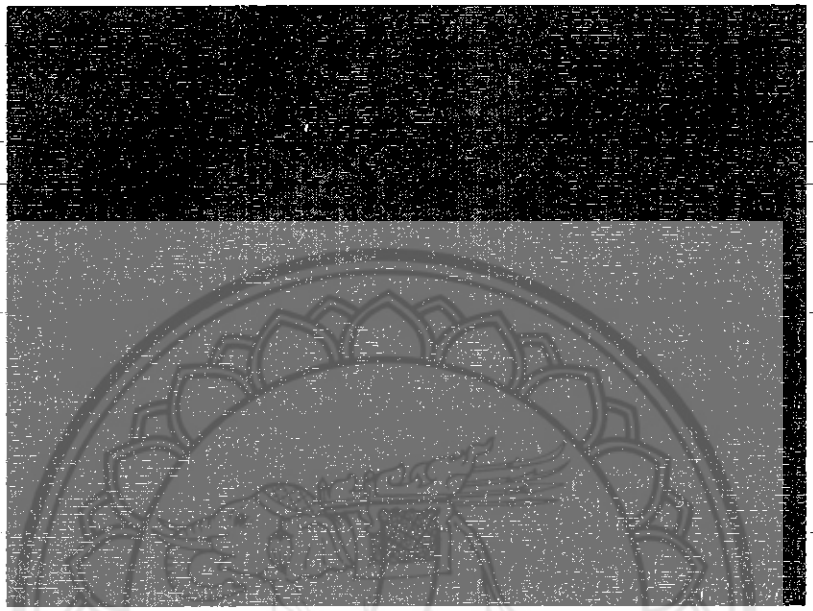


รูป 3.16 แสดงมิติและรูปร่างของเสานำทางต้นทุนต่ำ

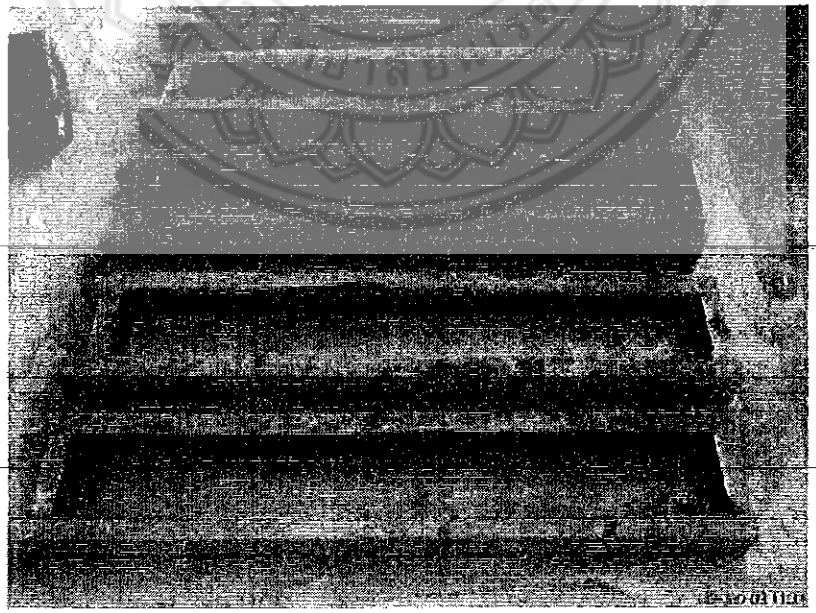
ตารางที่ 3.2 ข้อมูลการขึ้นรูปเสานำทางต้นทุนต่ำ

ตารางข้อมูลการขึ้นรูปเสานำทาง								
แบบที่	หน้าตัด	อัตราส่วนผสมในการขึ้นรูป (โดยปริมาตร)				เสริมไม้ไผ่	หญ้าแฝกเส้นเรียงสลับเป็นชั้น	จำนวนต้น
		ดินเหนียว	ทราย	หญ้าแฝกสับยาว 2-5 เซนติเมตร	น้ำ			
		1	0.15	-	0.5	-	-	2
1								
		1	0.15	-	0.5	ใช่	-	2
2								
		1	0.15	0.4	0.5	-	-	2
3		1	0.15	0.6	0.5	-	-	2
		1	0.3	0.4	0.5	-	-	2
4		1	0.3	0.6	0.5	-	-	2
		1	0.3	1	0.5	-	-	2
		1	0.15	0.4	0.5	ใช่	-	2
5		1	0.15	0.6	0.5	ใช่	-	2
		1	0.3	0.4	0.5	ใช่	-	2
6		1	0.3	0.6	0.5	ใช่	-	2
		1	0.3	1	0.5	ใช่	-	2
		1	0.3	0.4	0.5	-	ใช่	2
7		1	0.3	0.6	0.5	-	ใช่	2
		1	0.3	0.8	0.5	-	ใช่	2
		1	0.3	1	0.5	-	ใช่	2
		1	0.3	0.4	0.5	-	ใช่	6
8		1	0.3	0.6	0.5	-	ใช่	6
		1	0.3	0.8	0.5	-	ใช่	6
		1	0.3	1	0.5	-	ใช่	6

1. นำไม้ขนาด 1"x4" ยาว100 เซนติเมตร ประกบกันโดยใช้ตะปูเป็นตัวยึดเป็นกล่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด ความยาว 100 เซนติเมตร ความกว้าง 15 เซนติเมตรและมีความหนา 10 เซนติเมตร

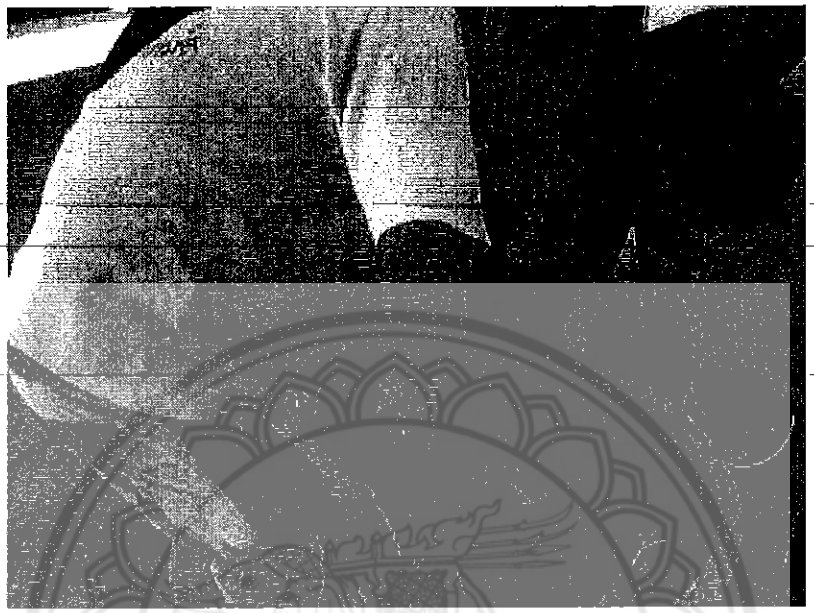


รูป 3.17 แบบหล่อเสานำทางมีขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร และหนา 10เซนติเมตร



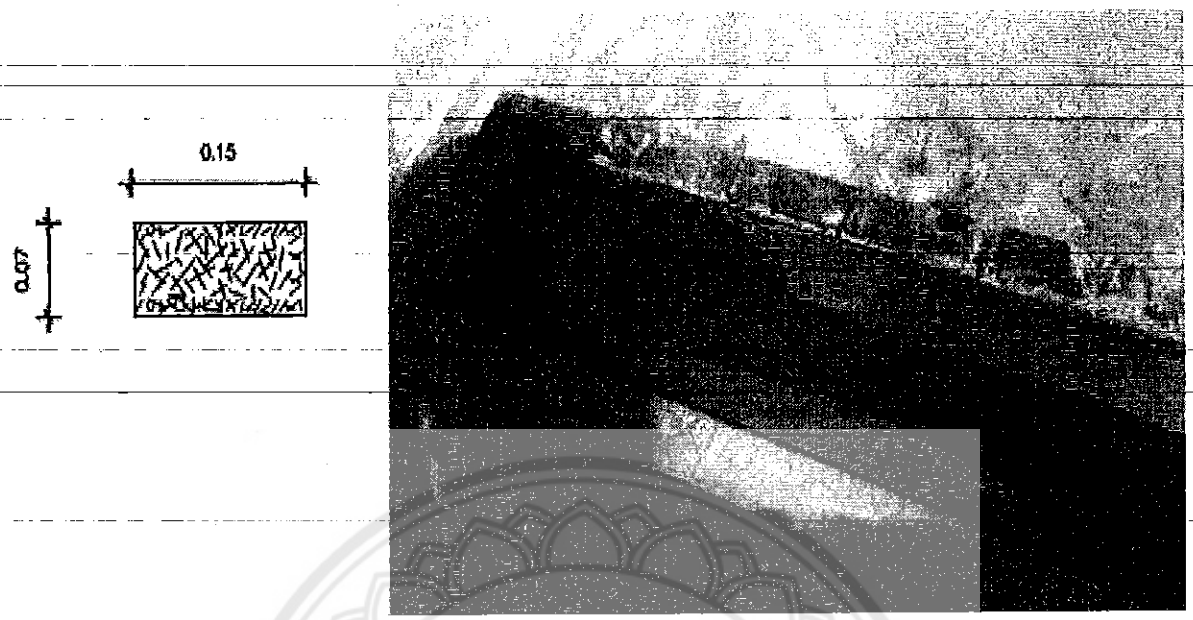
รูป 3.18 การเตรียมไม้แบบก่อนทำการขึ้นรูปโดยทำการชุบน้ำมันเพื่อไม่ให้ดินเหนียวติดกับไม้แบบ

2. ทำการขึ้นรูปตัวอย่างเสานำทางต้นทุนต่ำ โดยผสมตามสัดส่วนที่ตั้งสมมุติฐานไว้ ปรับแต่งผิวหน้าให้เรียบตามตารางข้อมูลการขึ้นรูป

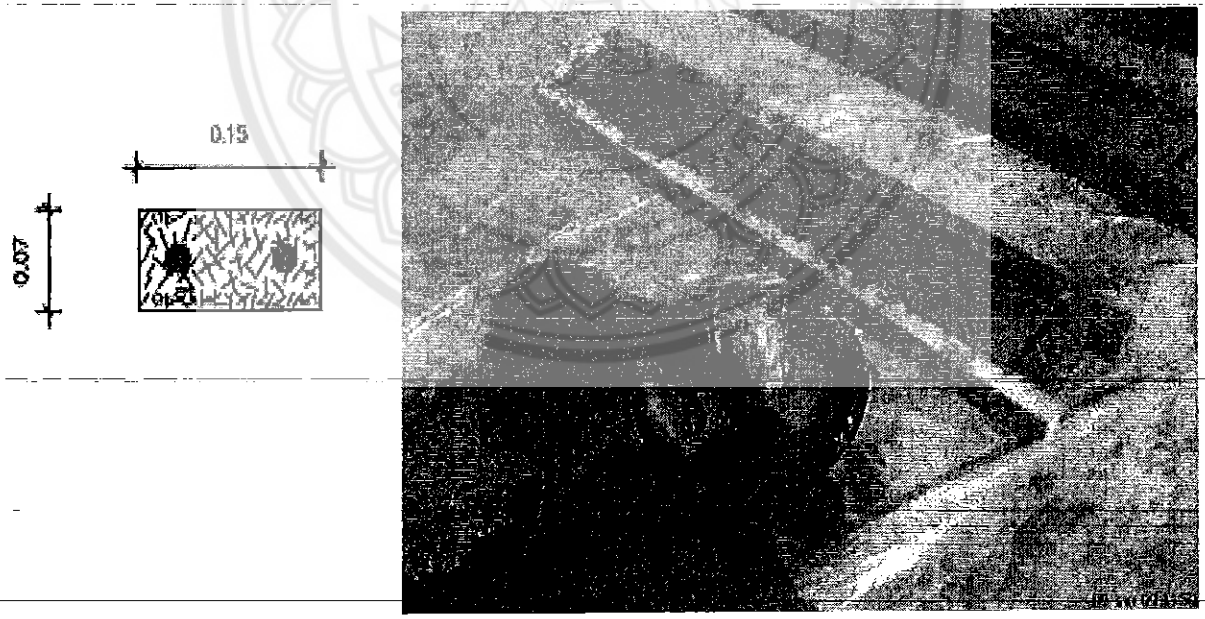


รูป 3.19 การผสมหญ้าแฝกสับ กับดินเหนียวที่ทำการหมักทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

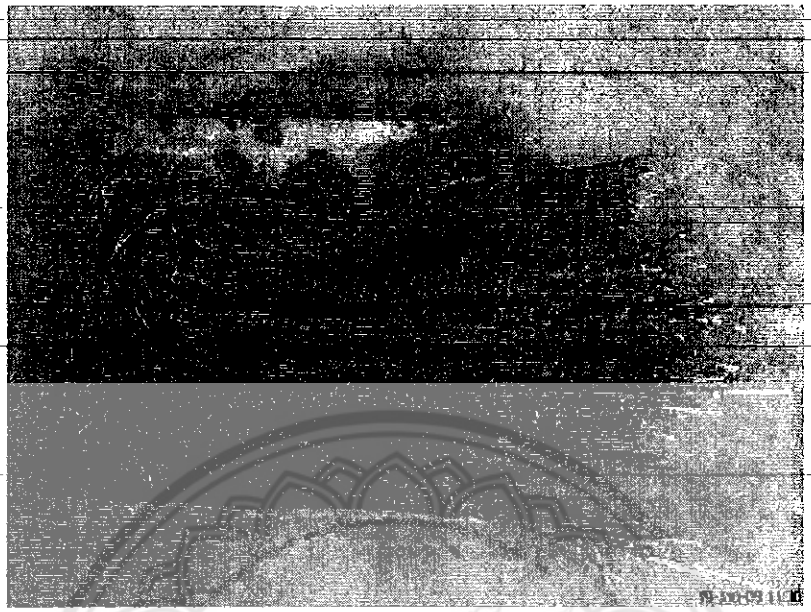
รูป 3.20 การย่ำดินเหนียวที่ทำการหมักผสมกับหญ้าแฝกสับเพื่อให้ส่วนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน



รูป 3.21 แสดงตัวอย่างการขึ้นรูปนำทางแบบที่ 3

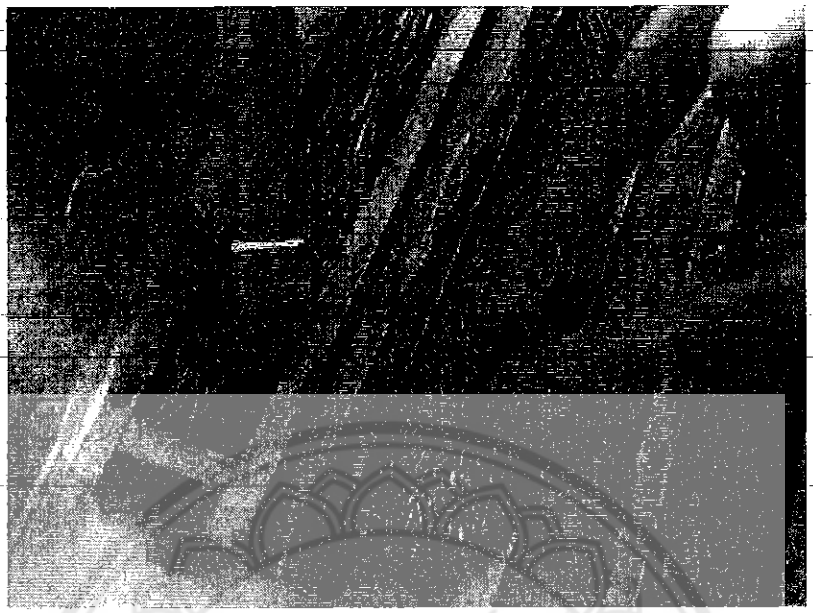


รูป 3.22 แสดงตัวอย่างการขึ้นรูปนำทางแบบที่ 5

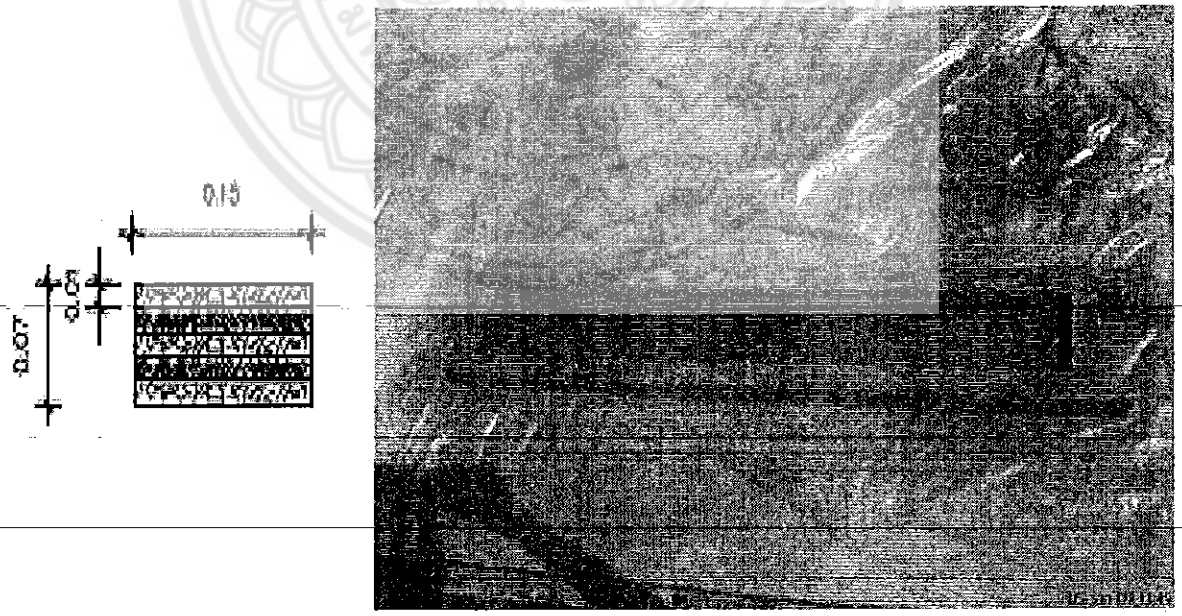


รูป 3.23 การขุบดินเหนียวกับหญ้าแฝกเส้นที่ทำการมัดเป็นกำ สำหรับเตรียมเรียงสลับในเสานำทาง

รูป 3.24 การขึ้นรูปเสานำทางโดยการนำหญ้าแฝกสับผสมกับดินเหนียวตามอัตราส่วนโดยทำการเรียงเป็นชั้นสลับกับหญ้าแฝกเส้นที่ทำการมัดเป็นกำขุบดินเหนียว



รูป 3.25 การเรียงสลับระหว่างหญ้าแฝกสับผสมกับดินเหนียวตามอัตราส่วนกับหญ้าแฝกเส้นชุบดิน
เหนียวโดยแต่ละชั้นมีความหนาประมาณ 1-2 เซนติเมตร



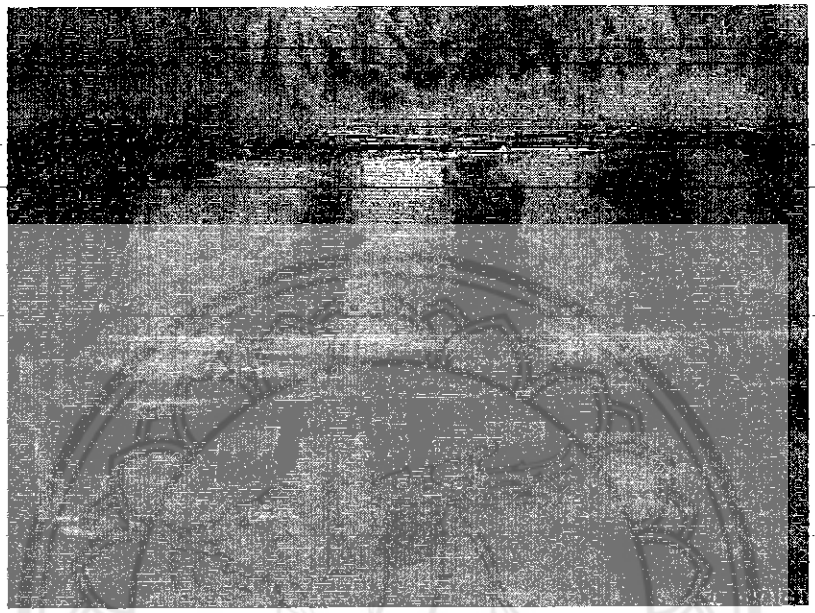
รูป 3.26 แสดงตัวอย่างการขึ้นรูปเสานำทางแบบที่ 8

รูป 3.27 การตากเสานำทางทิ้งไว้เพื่อให้แห้งและสามารถถอดออกจากแบบได้เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 1 วัน เนื่องจากการหดตัวของเสานำทาง

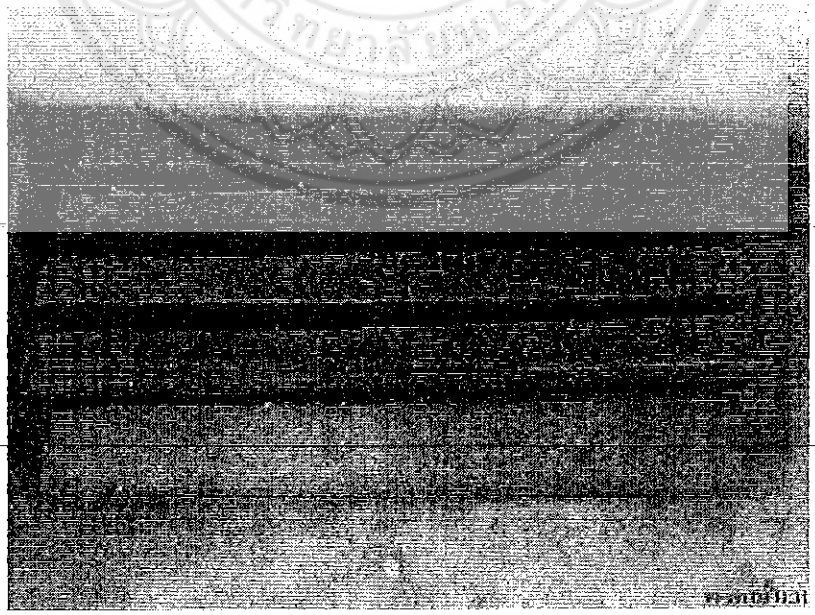
3. ทำการถอดไม้แบบหลังจากเสานำทางต้นทุนต่ำหลังจากตากทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน

รูปที่ 3.28 การกดเสานำทางออกจากแบบเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 1วัน

4. หลังจากถอดออกจากไม้แบบจะนำเสานำทางต้นทุนต่ำไปตากในที่ร่มเป็นระยะเวลา 7 ,14 , 21 วันตามลำดับทั้งนี้เพราะป้องกันไม่ให้ความชื้นออกไปจากตัวเสาอย่างรวดเร็ว อันจะส่งผลให้เสานำทางมีอาการแตกร้าว



รูปที่ 3.29 นำเสานำทางไปตากไว้ในที่ร่มหลังจากที่ทำการกดออกจากแบบเป็นระยะเวลา 7, 14, 21 วันเพื่อรอให้เสานำทางแห้งตัว



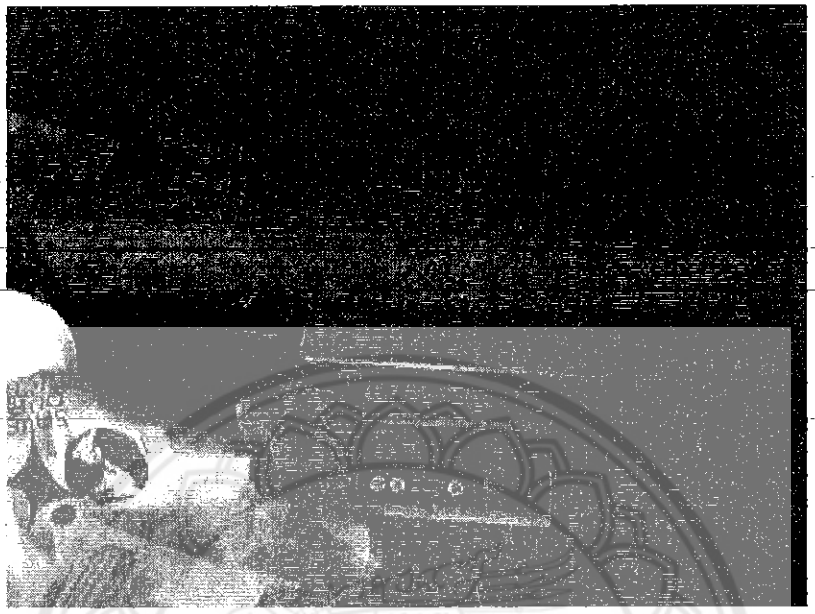
รูปที่ 3.30 ตัวอย่างเสานำทางที่พร้อมทำการทดสอบ

3.3.3 ขั้นตอนการพัฒนาคุณสมบัติด้านการรับกำลังและการทดสอบเสานำทางต้นทุนต่ำ

สำหรับเสานำทางที่สามารถขึ้นรูปได้จะทำการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมของหญ้าแฝกสับ ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์ ของหญ้าแฝกสับที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงดัดของเสานำทางต้นทุนต่ำโดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

รูป 3.31 การจำลองการทดสอบแรงดัดของเสานำทาง (เสมือนคานยื่น)

1. นำเสานำทางต้นทุนต่ำมาชั่งน้ำหนักทุกวันจนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่



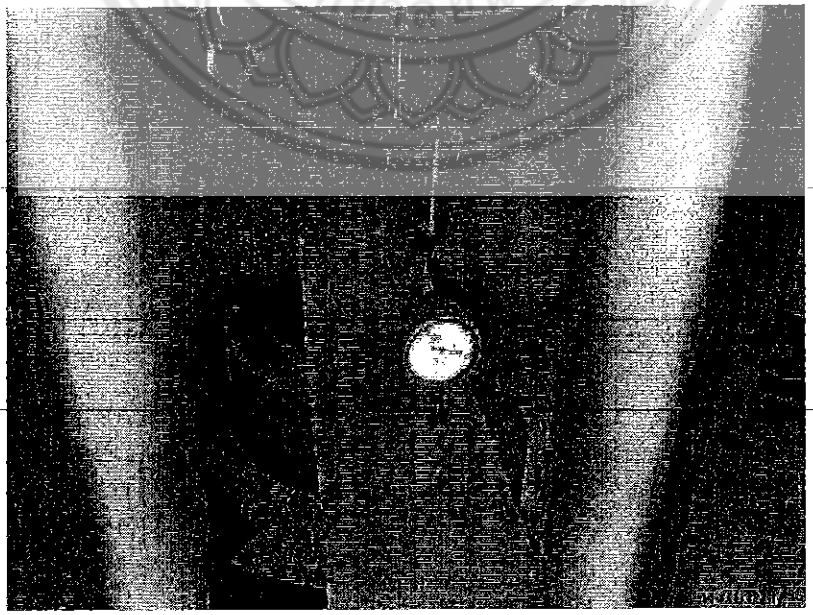
รูป 3.32 การชั่งน้ำหนักของเสานำทางก่อนไปทดสอบแรงดัด

2. นำเสานำทางต้นทุนต่ำมาวัดค่าการยืดหดตัวทุกวันจนกว่าค่าการยืดหดตัวจะได้คงที่

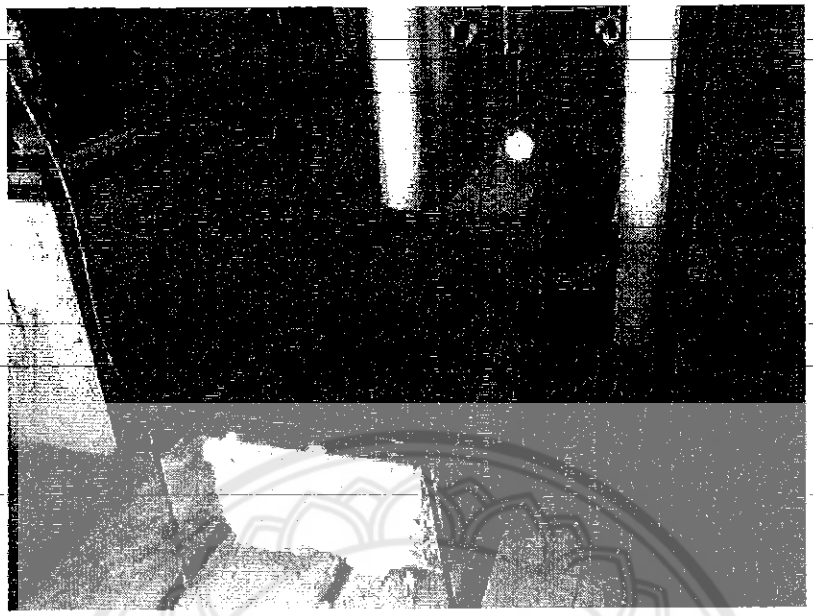
รูปที่ 3.33 การวัดขนาด, ด้านกว้าง, ด้านยาว, ด้านสูง ของเสานำทางก่อนนำไปทดสอบแรงดัด

3. ทำการทดสอบ แรงดัดเสานำทางต้นทุนต่ำ

รูป 3.34 วัดขนาดความยาวของเสานำทางออกมาจากบริเวณฐานการติดตั้ง 60 เซนติเมตรเพื่อจำลองการรับแรงดัดของเสานำทางตามมาตรฐานการติดตั้ง

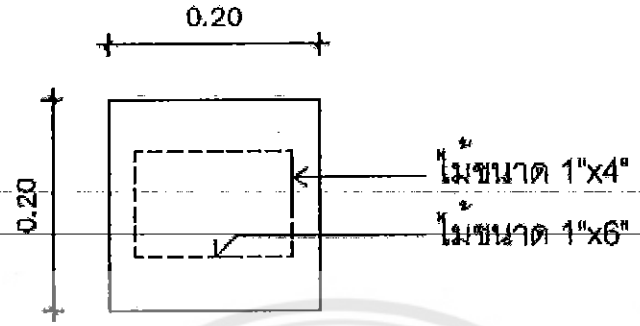


รูป 3.35 การติดตั้งเกจเพื่อทดสอบหาการโก่งตัว

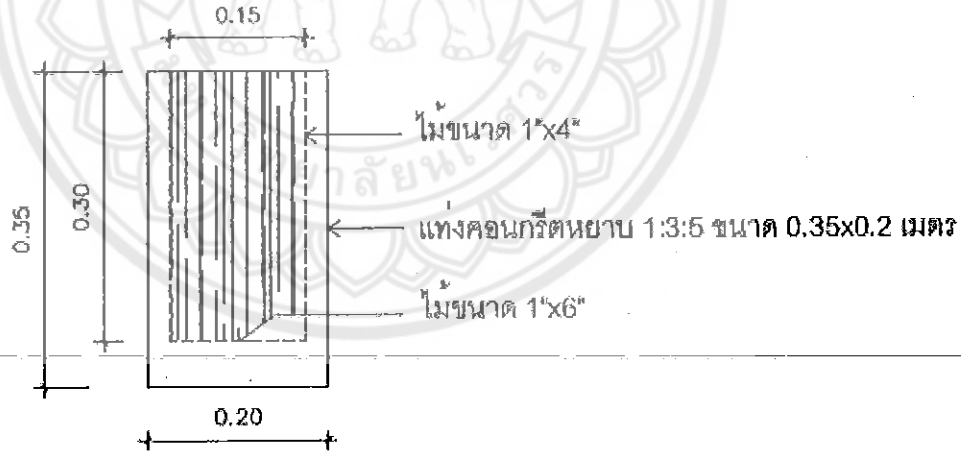


รูป 3.36 เสานำทางที่พร้อมทำการทดสอบแรงดัด

3.3.4 ขั้นตอนการออกแบบระบบติดตั้ง

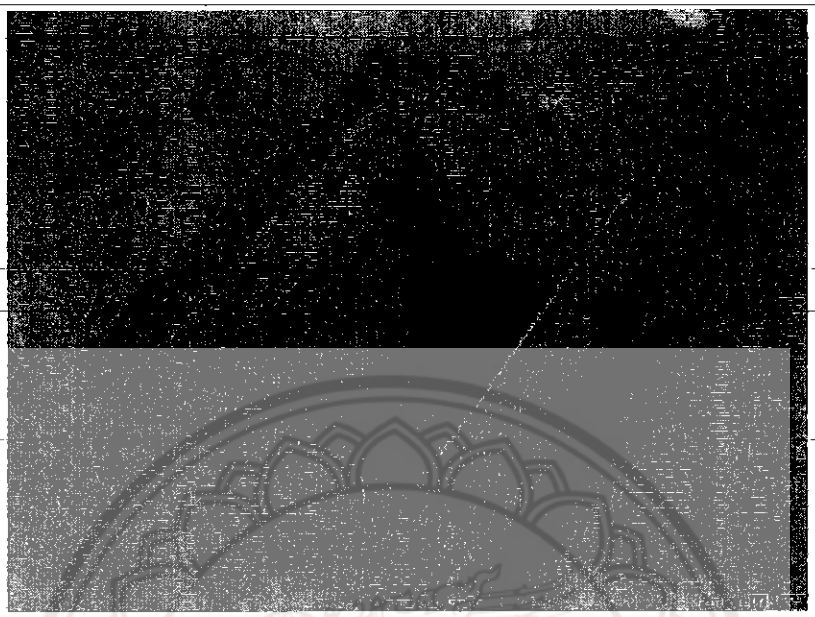


รูป 3.37 รูปด้านบนฐานรองรับเสานำทาง



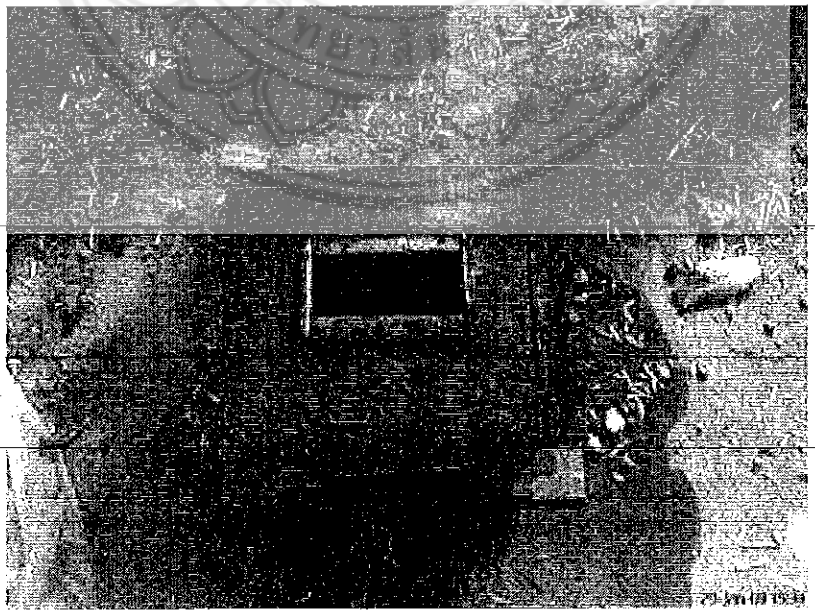
รูป 3.38 รูปด้านหน้าฐานรองรับเสานำทาง โดยตัวฐานเป็นแท่งคอนกรีตขนาด สูง 35 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร และกว้าง 20 เซนติเมตร โดยทำเป็นช่องขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร และสูง 25 เซนติเมตรไว้ตรงกลางสำหรับเสียบเสานำทางขณะติดตั้ง

1. เตรียมแบบหล่อคอนกรีตขนาดสูง 35 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร และกว้าง 20 เซนติเมตร

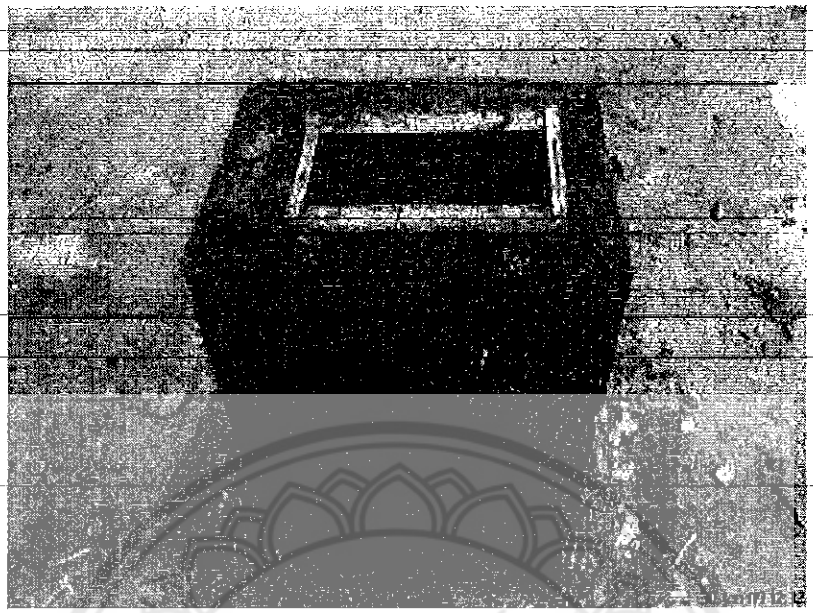


รูป 3.39 แบบหล่อคอนกรีตสำหรับทำฐานรองรับเสานำทาง

2. เทคอนกรีตหยาบ 1:3:5 ลงในแบบหล่อที่เตรียมไว้โดยเว้นช่องว่างขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร และสูง 25 เซนติเมตรไว้ตรงกลางสำหรับเสียบเสานำทาง



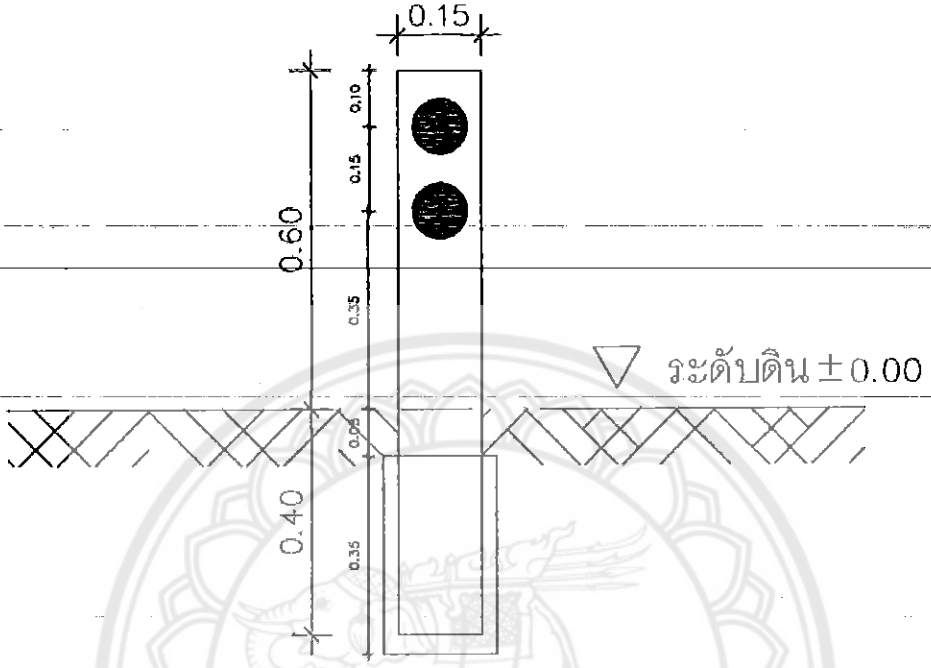
รูป 3.40 แบบหล่อขณะเทคอนกรีต



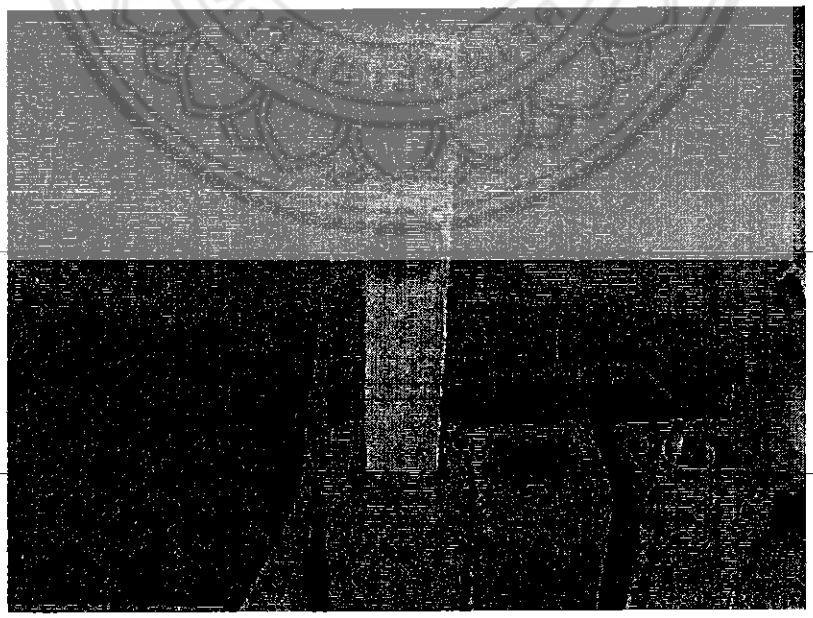
รูป 3.41 ฐานคอนกรีตสำหรับติดตั้งเสานำทาง

รูป 3.42 ทำการอุดช่องดินที่มีการแตกด้วยดินเหนียวผสมทรายอัตราส่วน 1:0.5 แล้วทาสีพลาสติกชนิดกันน้ำสีขาวเคลือบเสา รวมทั้งติดสติ๊กเกอร์สะท้อนแสงตามมาตรฐานกรมทางหลวง

3.3.5 ขั้นตอนการติดตั้งเสานำทาง

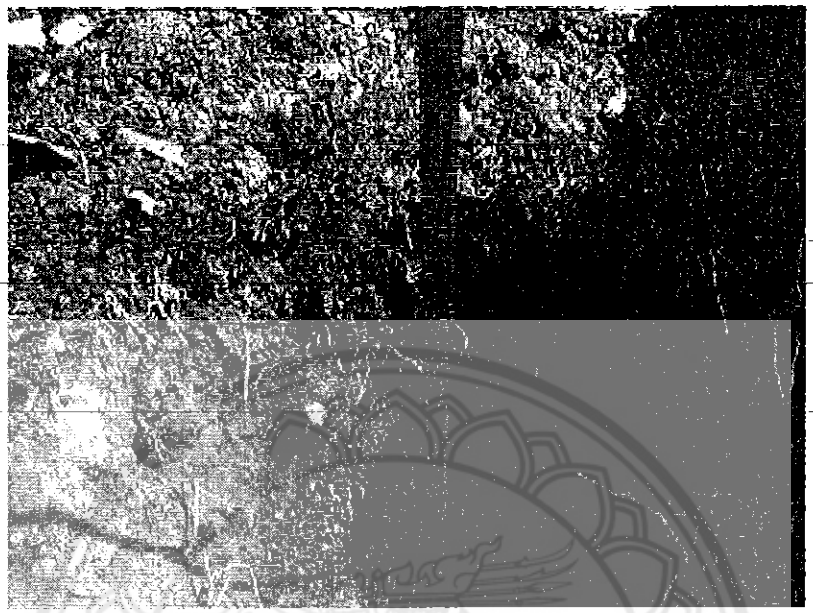


รูป 3.43 การจำลองขั้นตอนการติดตั้งเสานำทาง



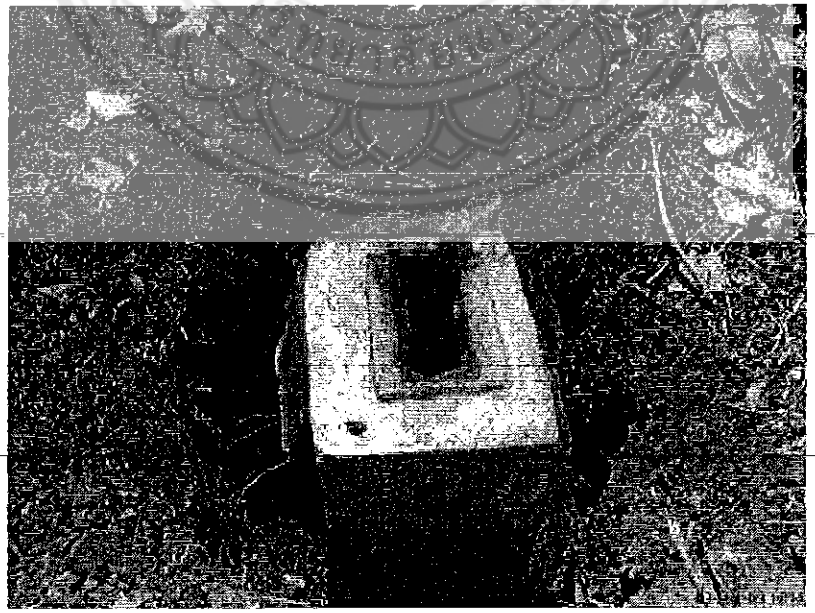
รูป 3.44 ตัวอย่างเสานำทางที่พร้อมสำหรับการติดตั้ง

1. ทำการขุดหลุมสำหรับฝังฐานติดตั้งเสานำทางโดยมีความลึก 40 เซนติเมตร



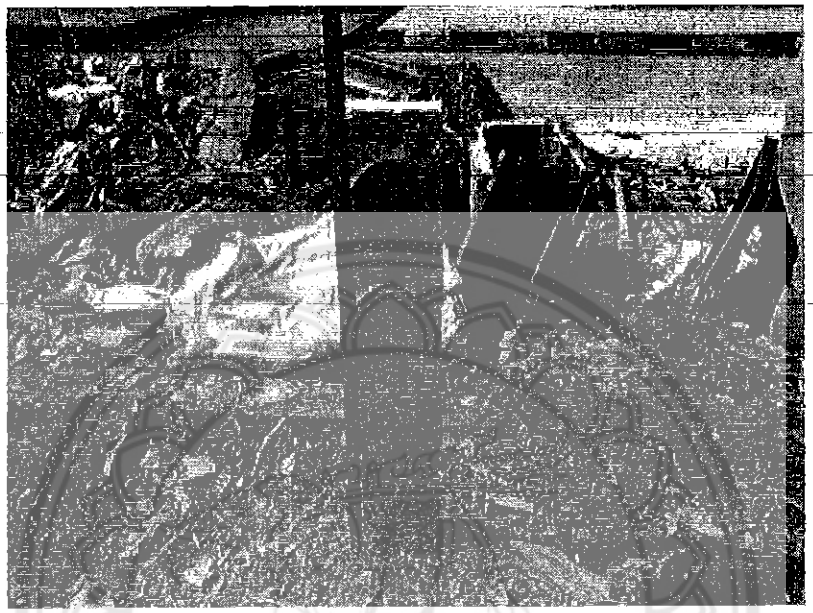
รูป 3.45 หลุมสำหรับฝังฐานติดตั้งเสานำทางโดยมีความลึกประมาณ 40 เซนติเมตร

2. ทำการวางฐานสำหรับติดตั้งเสานำทางโดยใช้ผ้าตาข่ายวางในช่องสำหรับเสียบเสานำทาง ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายขณะเปลี่ยนเสานำทาง



รูป 3.46 การวางฐานติดตั้งเสานำทางลงในหลุม

3. นำเสานำทางที่ทาสีและติดสติ๊กเกอร์สะท้อนแสงตามมาตรฐานกรมทางหลวงแล้ว มาเสียบลงในช่องของฐานติดตั้งแล้วทำการกลบดิน โดยความสูงที่วัดจากระดับพื้นดินจะมีความสูง 60 เซนติเมตร



รูป 3.47 ตัวอย่างเสานำทางที่ทำการติดตั้งเสร็จเรียบร้อย

บทที่ 4
ผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบวัสดุ

4.1.1 การทดสอบดินเหนียวและการวิเคราะห์ผล

Soil	ดินเหนียวสีแดง	Project	ทดสอบดินเหนียว
Location	ดินเหนียวบ้านแสงดาว จ.พิษณุโลก	Job No	1

ผลการทดลอง

ตาราง 4.1 ข้อมูลการทดสอบ Liquid Limit

Liquid Limit Determination						
Test No			1	2	3	4
Container No						
No of blows	N		34	27	20	15
Mass of can	W_c	(gm)	21.5	20.02	20.03	20.04
Mass of can + wet soil	W_{cws}	(gm)	32.5	26.6	29.6	25
Mass of can + dry soil	W_{cds}	(gm)	28.5	24.2	25.9	23.1
Mass of water	W_w [1]	(gm)	4	2.4	3.7	1.9
Mass of dry soil	W_{ds} [2]	(gm)	7	4.18	5.87	3.06
Water content	W [3]	(%)	57.14	57.42	63.03	62.09

Note 1. $W_w = W_{cws} - W_{cds}$

2. $W_{ds} = W_{cds} - W_c$

3. $W_N = (W_w / W_{ds}) * 100$

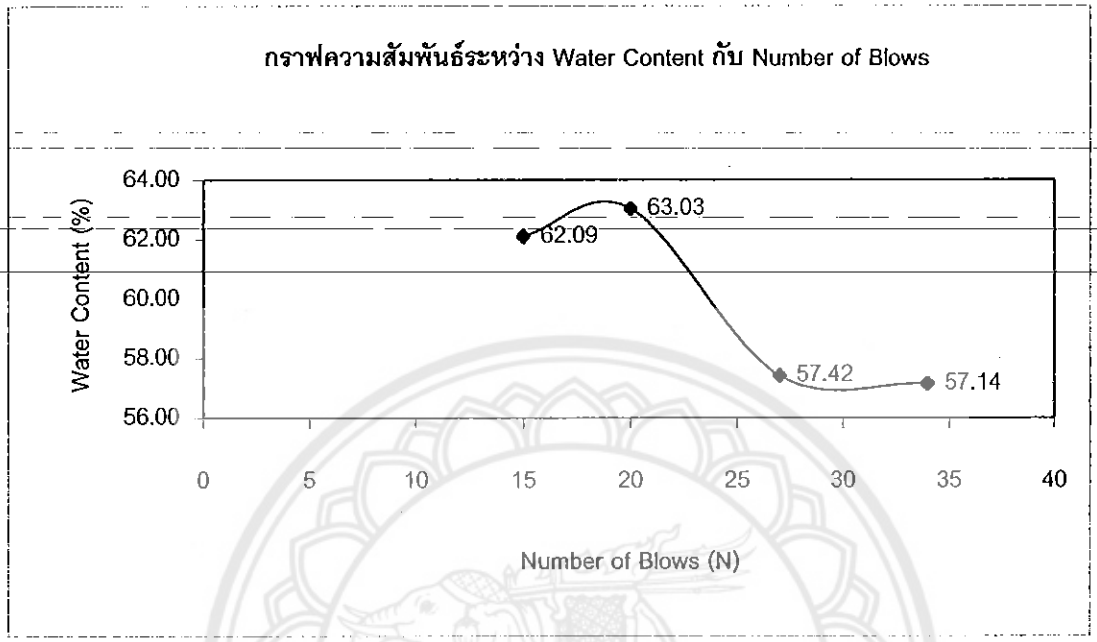
ตาราง 4.2 ข้อมูลการทดสอบ Plastic Limit

Plastic Limit Determination			
Test No			1
Container No			
Mass of can	W_C	(gm)	20.29
Mass of can + wet soil	W_{CWS}	(gm)	27.7
Mass of can + dry soil	W_{CDS}	(gm)	26
Mass of water	W_W^1	(gm)	1.7
Mass of dry soil	W_{DS}^2	(gm)	7.41
PL = $\%W_P = M_W/M_{DS}*100$	PL	(%)	22.94

ตาราง 4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของดินเหนียว

Liquid Limit (LL):	59.92	%
Plastic Limit (PL):	22.94	%
Plasticity Index (PI):	36.98	%

วิเคราะห์ผลการทดลอง



รูป 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Water Content และ Number of Blows

จากการทดลองพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง Water Content และ Number of Blows มีความสัมพันธ์กันโดยตรง ซึ่งค่า Water Content เป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึง strength และ deformation โดยขึ้นอยู่กับความข้นเหลวของดินที่ใช้ในการทดลอง และปริมาณของน้ำในเนื้อดินที่ใช้ทดสอบจะเป็นค่าที่ทำให้ Water Content เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของเนื้อดิน หากเนื้อดินมีสภาพเหลว (Liquid State) จะส่งผลทำให้ Number of Blows มีค่าน้อยซึ่งส่งผลให้ Water Content มีค่ามากกว่าสภาพแบบพลาสติก (Plastic State) เพราะเนื้อดินสภาพแบบพลาสติก จะมีความเหลวน้อยกว่าเนื้อดินแบบสภาพเหลว

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปผลได้ว่าค่า Water Content เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณความชื้นในเนื้อดิน ซึ่งมีผลต่อค่า strength และ deformation ของดินซึ่ง Water Content เป็นหนึ่งในคุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) โดยในการทดสอบนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลในการหาค่าทรุดตัวของดินหรือใช้คัดเลือกหรือกำหนดคุณภาพของวัสดุก่อสร้างจากค่า PI ซึ่งดินชนิดต่างๆเหล่านี้เราสามารถจำแนกคุณสมบัติต่างๆจากค่า PI ซึ่งดินเหนียวที่นำมาทำการทดสอบพบว่าเป็นดินเหนียวชนิด CH

4.1.2 การทดสอบทรายและการวิเคราะห์ผล

แหล่งของทราย ทรายละเอียดในจังหวัดพิษณุโลก

น้ำหนักของทรายที่ใช้ 500 กรัม

ตาราง 4.4 ข้อมูลการทดสอบ การวิเคราะห์หาส่วนขนาดของมวลรวมด้วยตะแกรง

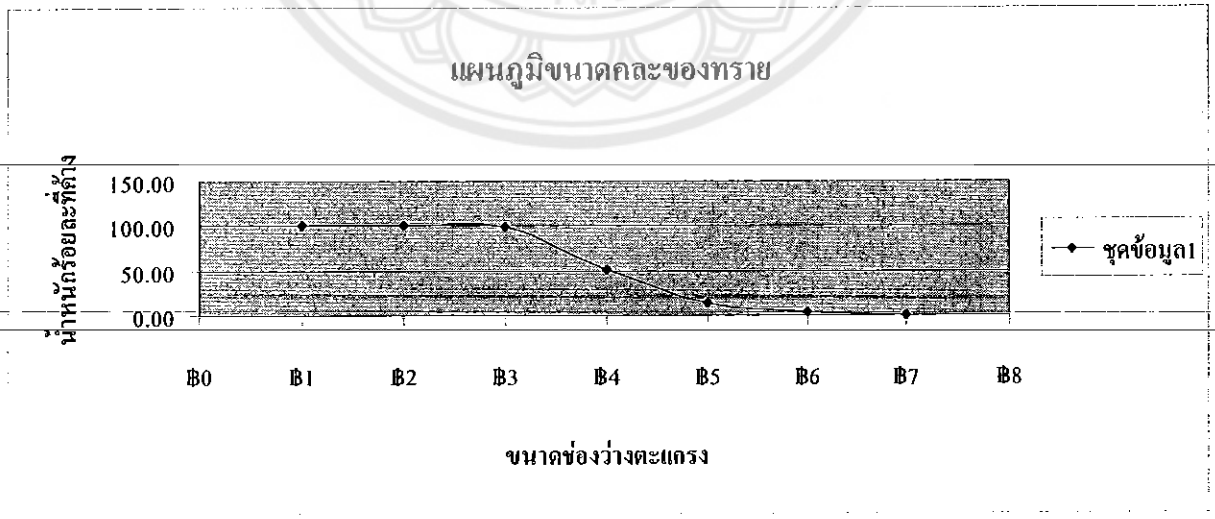
กราฟแผนภูมิขนาดคละของทราย

แหล่งของทราย ทรายละเอียดในจังหวัดพิษณุโลก

น้ำหนักของทรายที่ใช้ 500 กรัม

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	ขนาดช่องว่าง (มม.)	น้ำหนักตกค้าง (กรัม)	น้ำหนักที่ค้างสะสมบนตะแกรง (กรัม)	น้ำหนักผ่านตะแกรง (กรัม)	% ที่ค้างบนตะแกรง	% ละเอียดที่ผ่านตะแกรง	% Finer
4	4.750	510.80	510.80	0.00	0.00	0.00	100.00
8	2.380	490.00	490.00	0.00	0.00	0.00	100.00
16	1.190	445.70	448.00	4.30	0.86	0.86	99.14
30	0.589	427.90	668.30	240.40	47.82	48.68	51.32
50	0.297	386.80	584.00	193.20	37.41	86.11	13.89
100	0.150	231.30	282.70	51.40	10.22	96.34	3.66
ถาด	-	314.20	332.60	18.40	3.66	100.00	0.00
			รวม	502.7	100		
			โมดูลัสความละเอียด	2.32			

สรุปผลการทดลอง



รูป 4.2 แผนภูมิขนาดคละของทราย

จากการทดลองพบว่า ทรายละเอียดในจังหวัดพิษณุโลก มีค่า โมดูลัสความละเอียดที่ 2.32 ซึ่งมีค่าตามมาตรฐานของทรายละเอียดที่ใช้ในการก่อสร้าง

4.1.3 การทดสอบหญ้าแฝกและการวิเคราะห์ผล

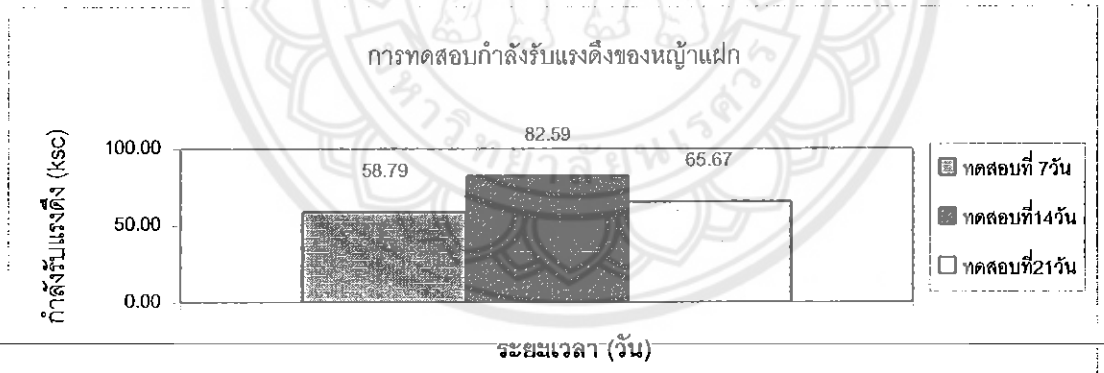
แหล่งของหญ้าแฝก หญ้าแฝกพันธุ์แฝกดอน ต.หนองแขม อ.พรหมพิราม จ. พิษณุโลก

ปริมาณความชื้น ทำการตากหญ้าแฝกที่ 7, 14, 21 วันตามลำดับ

ตาราง 4.5 ข้อมูลการทดสอบแรงดึงของหญ้าแฝก

	รถยนต์ระยะเวลา 7 วัน			รถยนต์ระยะเวลา 14 วัน			พลศึกษาระยะเวลา 21 วัน		
หญ้าแฝก	พื้นที่หน้าตัด(ตร.ม.)	แรงดึงสูงสุด(กิโลกรัม)	กำลังรับแรงดึง(ksc)	พื้นที่หน้าตัด(ตร.ม.)	แรงดึงสูงสุด(กิโลกรัม)	กำลังรับแรงดึง(ksc)	พื้นที่หน้าตัด(ตร.ม.)	แรงดึงสูงสุด(กิโลกรัม)	กำลังรับแรงดึง(ksc)
ส่วนโคน	1.82	1730	97.26	1.94	2050	105.67	1.92	1650	85.94
	1.75	1740	99.43	1.88	1940	103.19	1.83	1720	93.99
ส่วนกลาง	1.72	860	51.16	1.88	1570	84.31	1.81	1230	67.96
	1.63	840	49.70	1.76	1460	83.43	1.94	1170	60.31
ส่วนปลาย	1.81	480	29.37	1.72	1150	66.86	1.85	740	40.00
	1.65	430	25.90	1.57	920	51.98	1.79	820	45.81

สรุปผลการทดลอง

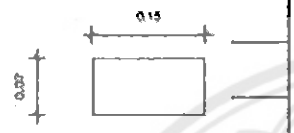
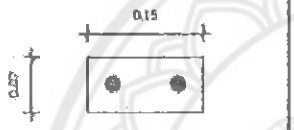
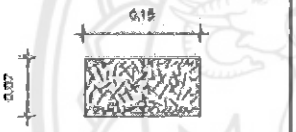
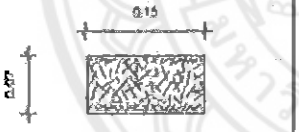
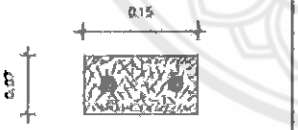
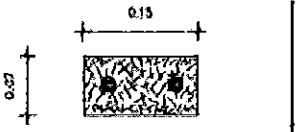
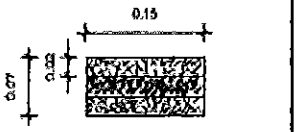
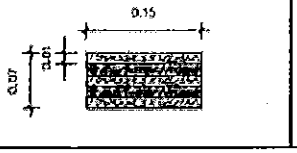


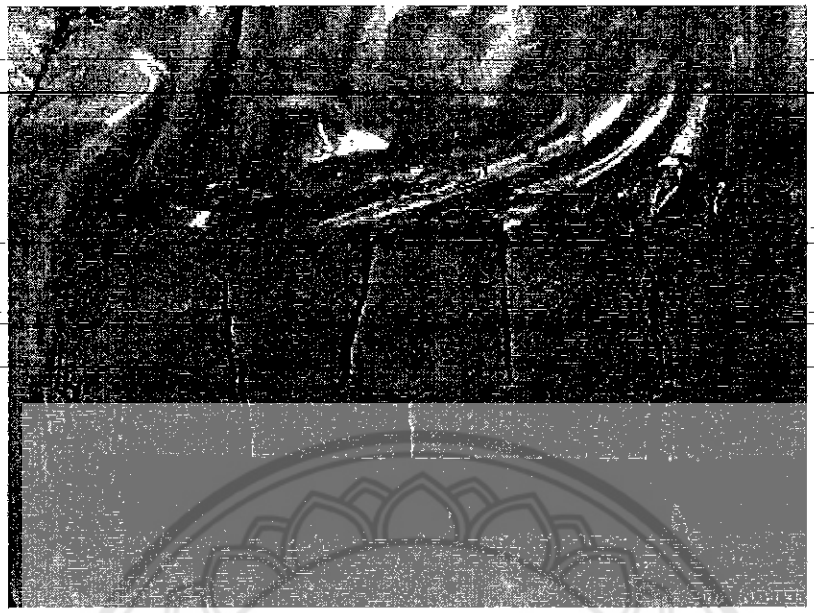
รูป 4.3 กำลังรับแรงดึงของหญ้าแฝก

จากการทดสอบกำลังรับแรงดึงของหญ้าแฝกที่ผ่านการควบคุมปัจจัยต่างเช่น อายุ , ปริมาณความชื้น โดยการนำหญ้าแฝกไปตากแดดที่ 7, 14, 21 วันตามลำดับ พบว่า หญ้าแฝกที่มีอายุประมาณ 1 เดือน และ มีการควบคุมความชื้นโดยการตากแดดที่ 14 วันจะให้ค่าในการรับแรงดึงสูงสุด โดยมีค่า เฉลี่ย ที่ประมาณ 83 ksc ส่วนหญ้าแฝกที่มีการควบคุมความชื้นโดยการตากแดดที่ 21 และ 7 วัน จะให้ค่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ย 66 ksc และ 58 ksc ตามลำดับโดยส่วนโคนของหญ้าแฝกจะเป็นส่วนที่ให้กำลังรับแรงดึงมากที่สุด

4.2 ผลการขึ้นรูปเสานำทางและวิเคราะห์ผล

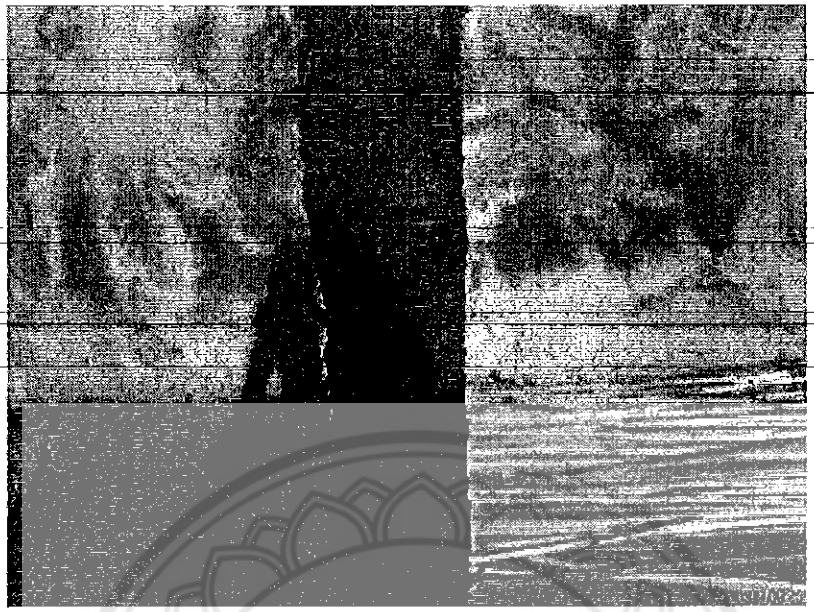
ตาราง 4.6 ผลการขึ้นรูปเสานำทางต้นทุนต่ำ

ตารางข้อมูลการขึ้นรูปเสานำทาง				
แบบที่	หน้าตัด	การวิเคราะห์ผลการขึ้นรูป		
		การแย่นตัว	การแตกร้าว	การเปลี่ยนรูปร่างเมื่อแข็งตัว
1		ใช่	ใช่	ใช่
2		ใช่	ใช่	ใช่
3		ใช่	ใช่	ใช่
4		ใช่	ใช่	ใช่
5		ใช่	ใช่	ใช่
6		ใช่	ใช่	ใช่
7		ไม่ใช่	ใช่	ใช่
8		ไม่ใช่	ไม่ใช่	ไม่ใช่



รูป 4.4 แสดงตัวอย่างเสานำทางแบบที่ 2เมื่อขึ้นรูปและตากที่ระยะเวลา 1**วัน**

จากการทดสอบการขึ้นรูปของเสานำทางทั้ง 8 ตัวอย่างโดยแต่ละตัวอย่างจะมีอัตราส่วนผสมแตกต่างกันออกไปตามตารางข้อมูลการขึ้นรูปเสานำทาง โดยเสานำทางตัวอย่างที่ 1 ซึ่งเป็นดินล้วนไม่สามารถขึ้นรูปได้ทั้งนี้เพราะเสานำทางมีขนาดยาวจึงทำให้ตัวอย่างที่ 1 มีอาการแตกร้าว เมื่อทำการตากที่ระยะเวลา 1วัน แต่เมื่อนำเอาหญ้าแฝกสับผสมกับดินเหนียวตามอัตราส่วนจากตารางข้อมูลการขึ้นรูปของเสานำทางตัวอย่างที่ 3 ,4 แล้วทำการตากที่ระยะเวลา 1 วัน เสาบางต้นก็สามารถขึ้นรูปได้แต่บางต้นก็ไม่สามารถขึ้นรูปได้ โดยเสาที่สามารถขึ้นรูปได้จะไม่มีความแข็งแรงพอ จะเกิดอาการแตกร้าวและหักเป็นส่วนมาก ดังนั้นจึงทดลองใช้ไม้ไผ่ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตรเสริมในเสานำทางระหว่างขั้นตอนการขึ้นรูปจำนวน 2 อัน เสมือนเหล็กเสริมในเสานำทางตามมาตรฐานกรมทางหลวง ปรากฏว่าเสานำทางมีอาการแตกอย่างรวดเร็วเมื่อใช้ระยะเวลาในการตาก 1 วัน ทั้งนี้เพราะไม้ไผ่จะดูดน้ำจากดินเหนียวที่ทำการผสมเส้นใยหญ้าแฝกสับอย่างรวดเร็วจึงทำให้เสามีอาการแตกกว่าตัวอย่างการขึ้นรูปเสานำทางชนิดอื่น



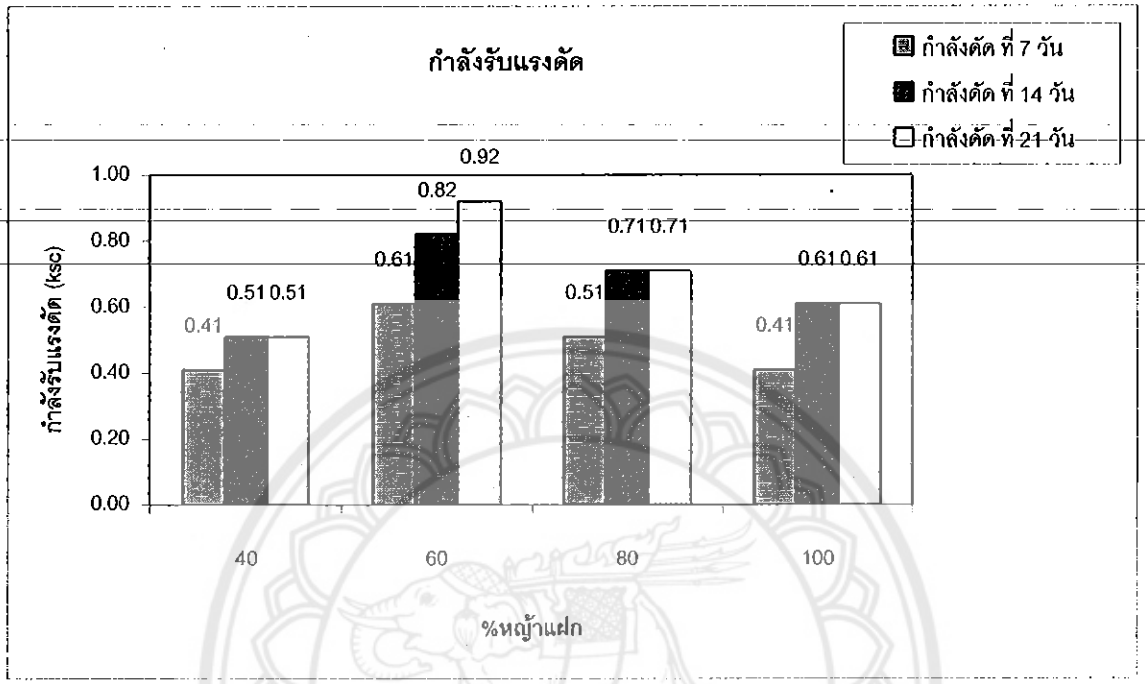
รูป 4.5 แสดงตัวอย่างเสานำทางแบบที่ 8เมื่อขึ้นรูปและตากที่ระยะเวลา 1วัน

จากการทดสอบการขึ้นรูปเสานำทางเมื่อทดลองเอาหญ้าแฝกเส้นที่ทำการชุบดินเหนียวมาเรียงสลับกับ หญ้าแฝกเส้นผสมดินเหนียวตามตารางข้อมูลการขึ้นรูปของเสานำทางตัวอย่างที่ 7 และ 8 จะพบว่าเสานำทางมีความแข็งแรงมากกว่าการใช้หญ้าแฝกสับผสมดินเหนียวตามตัวอย่างที่ 1 – 6 ปัญหาการแตกร้าวและการแอ่นตัวของตัวอย่างงเสานำทางจะมีน้อยกว่า แต่เสานำทางตัวอย่างที่ 7 จะไม่ค่อยมีกว่าแข็งแรงเทียบเท่ากับเสานำทางตัวอย่างที่ 8 ซึ่งมีความแข็งแรงมากกว่า

สรุปผลการขึ้นรูปตัวอย่างเสานำทาง

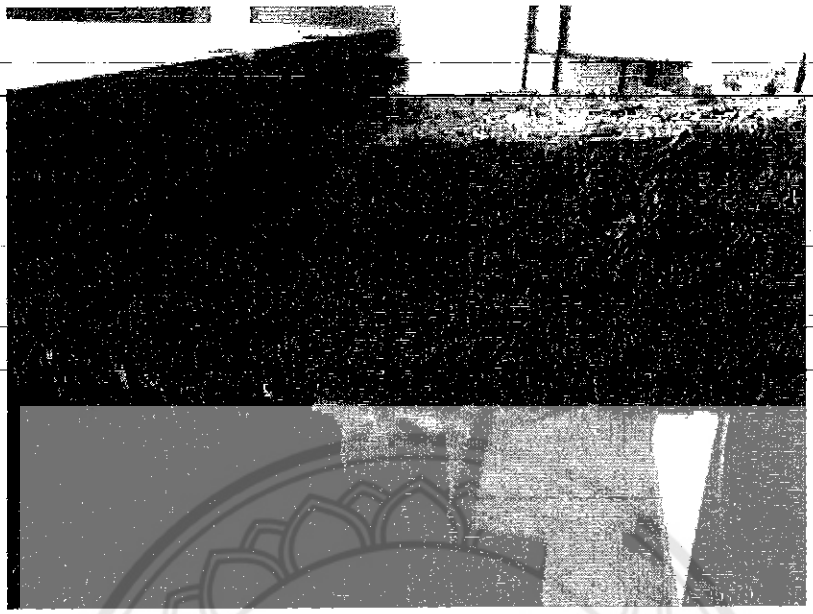
จากการทดลองการขึ้นรูปเสานำทางต้นทุนต่ำ ตั้งแต่เสานำทางตัวอย่างที่ 1–8 พบว่าเสานำทางตามตัวอย่างที่ 8 โดยมีการใช้หญ้าแฝกเส้น มัดเป็นกำโดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร ชุบดินเหนียวเรียงสลับกับหญ้าแฝกสับตามอัตราส่วนผสม วิธีขึ้นรูปเสาตัวอย่างโดยเรียงสลับกันเป็นชั้น จำนวนทั้งหมด 5 ชั้น ซึ่งหญ้าแฝกเส้นชุบดินเหนียวจะมีจำนวน 2ชั้น โดยแต่ละชั้นหนาประมาณ 1- 2 เซนติเมตร สามารถขึ้นรูปได้และมีความแข็งแรง

4.3 การทดสอบกำลังรับแรงดัดของเสานำทางตัวอย่างที่ 8 และการวิเคราะห์ผล



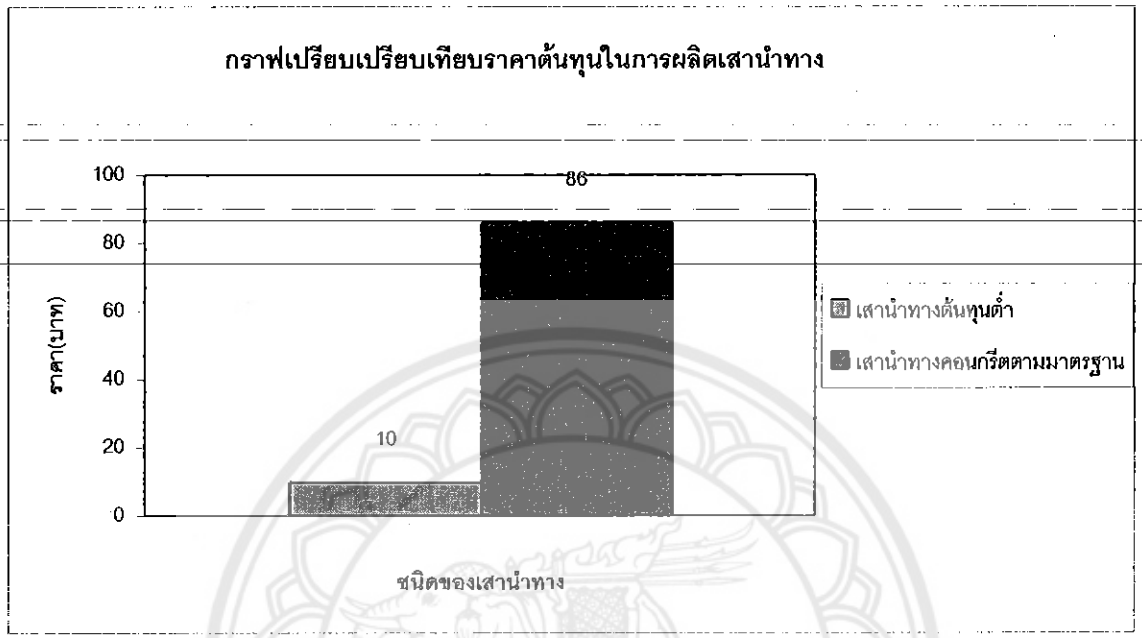
รูป 4.6 การทดสอบกำลังรับแรงดัดของเสานำทาง

จากผลการทดสอบกำลังรับแรงดัดของเสานำทางต้นทุนต่ำตัวอย่างที่ 8 แสดงตามรูปที่ 4.8 พบว่าเสานำทางที่มีเปอร์เซ็นต์ ผสมหญ้าแฝกที่ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการเรียงสลับกับหญ้าแฝกเส้นซุบดินเหนียว จะให้ค่ากำลังรับแรงดัดสูงสุดเฉลี่ยที่ 0.92 ksc เมื่อมีการควบคุมปริมาณความชื้นโดยทำการตากที่ 7, 14, และ21 วัน พบว่าระยะเวลาที่ 21 วันมีแนวโน้มทำให้ค่ากำลังรับแรงดัดสูงขึ้นทั้งนี้เพราะอัตราส่วนผสมของหญ้าแฝกสับ และที่มีปริมาณความชื้นที่เหมาะสมจะช่วยกำลังรับแรงดัดดีขึ้นเมื่อเทียบกับเสานำทางต้นทุนต่ำที่มีเปอร์เซ็นต์ผสมหญ้าแฝกสับที่ 40, 80, และ100เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยระยะเวลาในการตากที่เหมาะสมจะช่วยให้เสานำทางมีความแข็ง และแห้ง ซึ่งจะช่วยเพิ่มกำลังรับแรงดัดของเสานำทาง



รูป 4.7 ลักษณะการวิบัติของเสานำทางบริเวณฐานการติดตั้งกับตัวเสาเนื่องจากการทดสอบแรงดัด

4.5 การเปรียบเทียบราคาต้นทุนในการผลิตของเสานำทาง



รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบราคาวัสดุในการผลิตเสานำทาง

จากการประมาณราคาต้นทุนในการผลิตเสานำทางต้นทุนต่ำเทียบกับเสานำทางคอนกรีตตามมาตรฐานกรมทางหลวง ตามรูปที่ 4.18 จะเห็นได้ว่าเสานำทางต้นทุนต่ำจะมีราคาในการผลิตเสานำทาง ถูกกว่าประมาณ 76 บาท โดยมีราคาต้นทุนวัสดุรวมค่าแรงจะอยู่ที่ประมานต้นละ 10 บาท ทั้งนี้การผลิตเสานำทางต้นทุนต่ำ จะเป็นการช่วยกระจายรายได้ เพื่อให้ชาวบ้านมีรายได้เสริมอีกทางหนึ่ง โดยสอดคล้องกับนโยบายเศรษฐกิจพอเพียง

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 จากการทดสอบการขึ้นรูปเสานำทางตามตัวอย่างที่ 1 -8 โดยเสานำทางตามตัวอย่างที่ 8 ที่มีการใช้หญ้าแฝกเส้นชุบดินเหนียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตรเรียงสลับกับหญ้าแฝกสับตามอัตราส่วนผสม ขึ้นรูปเสานำทางโดยการเรียงสลับกันเป็นชั้นจำนวนทั้งหมด 5 ชั้น โดยหญ้าแฝกเส้นชุบดินเหนียวแต่ละชั้นจะมีความหนาประมาณ 1- 2 เซนติเมตรจำนวน 2ชั้น สามารถขึ้นรูปได้และมีความแข็งแรง

5.1.2 จากการทดลองเสานำทางต้นทุนต่ำขนาด 100 x15 x7 เซนติเมตร ตามตัวอย่างการขึ้นรูปที่ 8 โดยมีส่วนผสมของหญ้าแฝก 40, 60, 80, 100เปอร์เซ็นต์ พบว่าเสาหลักนำทางที่มีค่าคุณสมบัติทางกลดีที่สุดคือส่วนผสมที่มีอัตราส่วนผสมของหญ้าแฝก 60เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถรับแรงดัด ได้ 0.92 ksc โดยทั่วไปใช้เวลา14-21วันในการตากจนกว่าเสานำทางแห้งสนิทจึงสามารถนำไปใช้งานได้

5.1.3 จากการประมาณราคาต้นทุนในการผลิตเสานำทางทั้ง 2ประเภทพบว่าเสานำทางต้นทุนต่ำมีราคาต้นทุนในการผลิตถูกกว่าเสานำทางตามมาตรฐานกรมทางหลวงโดยราคาต้นทุนรวมค่าวัสดุและค่าแรงจะอยู่ที่ต้นละ 10 บาท ทั้งนี้ในการผลิตเสานำทางต้นทุนต่ำจะเป็นการกระจายรายได้ สร้างงาน สร้างอาชีพ ทั้งนี้เพื่อให้ชาวบ้านสามารถประกอบเป็นอาชีพเสริมในการหารายได้ให้กับครอบครัว

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1. ในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำการทดสอบคุณสมบัติอื่นๆเพิ่มเติมเช่น การทดสอบกำลังรับแรงกระแทก ,การทดลองกำลังรับแรงแบกทาน , การทดลองกำลังรับแรงเฉือน , การดูดกลืนน้ำ , การทดสอบความเป็นฉนวน เพื่อให้สามารถนำมาวิเคราะห์ผลได้ครอบคลุมดียิ่งขึ้น

5.2.2. ควรหาวิธีการในการเพิ่มแรงดัดของเสาหลักนำทางต้นทุนต่ำให้มากขึ้นโดยใช้วัสดุอื่นผสม

5.2.3. ควรมีการปรับปรุงเครื่องมือการทดลองตลอดจนเทคนิคการผลิตเพื่อการพัฒนาเชิงอุตสาหกรรม

5.2.4. ควรมีการหาวัสดุเคลือบผิวเพื่อป้องกันการชะล้างจากน้ำ

บรรณานุกรม

1. สาระน่ารู้เรื่องหญ้าแฝก พิมพ์ครั้งที่ 4 คณะอนุกรรมการด้านวิชาการ วางแผนและติดตามผลการทำงานพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (2547)
2. เอกสารทางวิชาการหมายเลข 2547/1 "การใช้หญ้าแฝกเพื่อเป็นวัสดุก่อสร้างยุ้งฉางเก็บข้าวเปลือก" พิชัย นิมิตยงสกุล, ธรรมนูญ เฮงษฎีกุล, สำนักวิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) (2547)
3. วารสาร "อันเนื่องมาจากพระราชดำริ" โดย กองประสานสัมพันธ์สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (2549)
4. ปฐพีกลศาสตร์ทฤษฎีและปฏิบัติการ พิมพ์ครั้งที่ 3, โดย ดร.วรากร ไม้เรียง, อ.จิพัฒน์ โชติไกร, อ.ประทีป ดวงเดือน, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2525)

ภาคผนวก ก

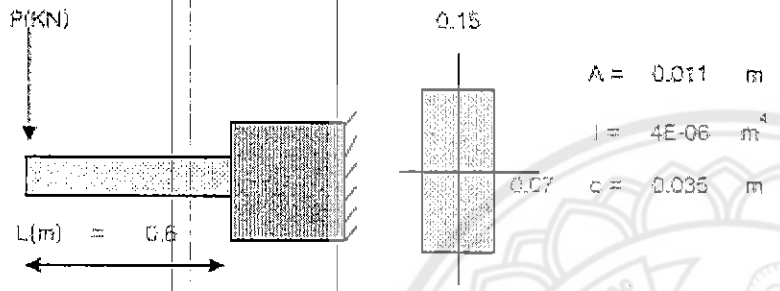
ตารางที่ ก-1 ข้อมูลค่าการยุบตัวของเสานำทางต้นทุนต่ำ (สำหรับทดสอบแรงดัด)

ตารางบันทึกข้อมูลค่าการยุบตัวของเสานำทาง																									
หญ้าแฝก(%)	ตัวอย่างที่	วันที่เริ่มผสม	ค่าการยุบตัว(mm)																						
			1 วัน			4 วัน			7วัน			10 วัน			13วัน			16 วัน			19วัน			21 วัน		
			กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
40	1	19/1/2552	15.0	100.0	7.0	14.9	99.9	6.9	14.5	99.5	6.5	14.3	99.3	6.4	14.0	99.0	6.3	13.5	98.9	6.3	13.1	98.8	6.3	13.1	98.8	6.3
	2	19/1/2552	15.0	100.0	7.0	14.9	99.9	6.8	14.5	99.6	6.5	14.3	99.3	6.4	14.0	99.1	6.3	13.5	99.0	6.3	13.2	98.8	6.3	13.2	98.8	6.3
60	1	12/1/2552	15.0	100.0	7.0	14.9	99.9	6.9	14.5	99.6	6.5	14.4	99.3	6.4	14.1	99.2	6.4	14.0	99.1	6.4	13.8	99.1	6.3	13.8	99.1	6.3
	2	12/1/2552	15.0	100.0	7.0	14.9	99.8	6.9	14.5	99.6	6.5	14.5	99.4	6.4	14.2	99.2	6.4	14.1	99.1	6.4	13.9	99.1	6.3	13.8	99.1	6.3
80	1	19/1/2552	15.0	100.0	7.0	15.0	99.9	7.0	14.6	99.6	6.6	14.4	99.4	6.5	14.3	99.4	6.5	14.3	99.3	6.4	14.1	99.3	6.4	14.1	99.3	6.4
	2	19/1/2552	15.0	100.0	7.0	15.0	99.9	7.0	14.6	99.7	6.6	14.4	99.4	6.5	14.3	99.4	6.4	14.3	99.4	6.4	14.1	99.4	6.4	14.2	99.3	6.4
100	1	19/1/2552	15.0	100.0	7.0	15.0	100.0	7.0	14.7	99.8	6.9	14.5	99.8	6.8	14.5	99.6	6.7	14.4	99.6	6.7	14.4	99.6	6.7	14.4	99.6	6.7
	2	19/1/2552	15.0	100.0	7.0	15.0	99.9	7.0	14.6	99.7	6.8	14.5	99.7	6.8	14.5	99.6	6.7	14.4	99.6	6.7	14.4	99.5	6.7	14.4	99.5	6.6

ตารางที่ ก-2 ข้อมูล น้ำหนักของเสานำทางต้นทุนต่ำ (สำหรับทดสอบแรงดัด)

ตารางการบันทึกข้อมูลน้ำหนักของเสานำทาง											
หญ้าแฝก(%)	ตัวอย่างที่		วันที่เริ่มผสม	น้ำหนัก (kg)							
				1 วัน	4 วัน	7วัน	10วัน	13วัน	16 วัน	19 วัน	21 วัน
40		1	19/1/2552	13.766	13.545	13.247	12.945	12.577	12.354	12.311	12.300
		2	19/1/2552	13.754	13.535	13.214	12.939	12.579	12.479	12.421	12.308
60		1	12/1/2552	13.498	13.388	13.211	12.995	12.500	12.224	12.208	12.200
		2	12/1/2552	13.487	13.371	13.207	12.986	12.507	12.229	12.212	12.204
80		1	19/1/2552	13.247	13.122	13.045	12.787	12.501	12.214	12.174	12.110
		2	19/1/2552	13.254	13.141	13.057	12.774	12.478	12.207	12.144	12.098
100		1	19/1/2552	13.075	12.945	12.911	12.543	12.286	11.854	11.766	11.701
		2	19/1/2552	13.087	12.955	12.921	12.535	12.278	11.855	11.769	11.708

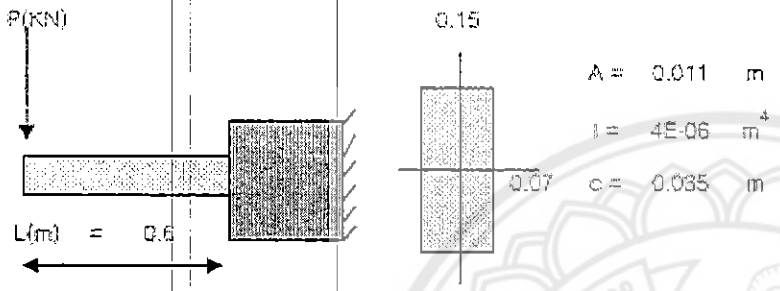
ตารางที่ ก-3 ข้อมูลการทดสอบกำลังรับแรงดัดของเสาน้ำทางต้นทุนต่ำ ทดสอบที่ 7 วัน



ตารางการทดสอบกำลังรับแรงดัดของเสาน้ำทางที่ 7 วัน

หญ้าแฝก(%)	ตัวอย่างที่	ความกว้าง (cm)			ความยาว (cm)			ความหนา (cm)			น้ำหนัก (kg)	แรงกด (N/mm2)	กำลังรับแรงดัด (kg/cm2)	กำลังรับแรงดัดเฉลี่ย (kg/cm2)
		1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย				
40	1	14.5	14.6	14.55	99.5	99.3	99.4	6.5	6.5	6.5	13.247	0.04	0.41	0.41
	2	14.5	14.5	14.5	99.6	99.7	99.65	6.5	6.5	6.5	13.214	0.04	0.41	
60	1	14.5	14.3	14.4	99.6	99.4	99.5	6.5	6.5	6.5	13.211	0.06	0.61	0.61
	2	14.2	14.2	14.2	99.2	99.1	99.15	6.5	6.5	6.5	13.218	0.06	0.61	
80	1	14.6	14.5	14.55	99.6	99.7	99.65	6.6	6.6	6.6	13.045	0.05	0.51	0.51
	2	14.6	14.6	14.6	99.7	99.5	99.6	6.7	6.6	6.65	13.057	0.05	0.51	
100	1	14.7	14.6	14.65	99.8	99.8	99.8	6.9	6.9	6.9	12.911	0.04	0.41	0.41
	2	14.6	14.8	14.7	99.7	99.6	99.65	6.8	6.7	6.75	12.921	0.04	0.41	

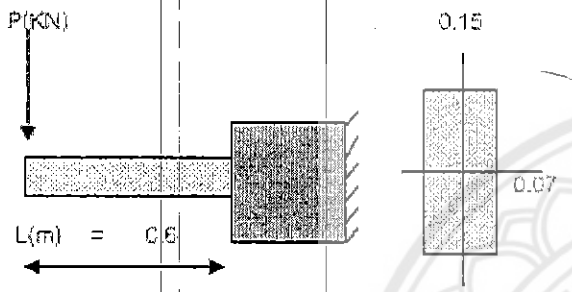
ตารางที่ ก-4 ข้อมูลการทดสอบกำลังรับแรงดัดของเสานำทางต้นทุนต่ำ ทดสอบที่ 14 วัน



ตารางการทดสอบกำลังรับแรงดัดของเสานำทางที่ 14 วัน

หญ้าแฝก(%)	ตัวอย่างที่	ความกว้าง (cm)			ความยาว (cm)			ความหนา (cm)			น้ำหนัก (kg)	แรงกด (N/mm2)	กำลังรับแรงดัด (kg/cm2)	กำลังรับแรงดัดเฉลี่ย (kg/cm2)
		1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย				
40	1	14.0	14.2	6.3	99.0	99.2	99.1	6.3	6.4	6.35	12.577	0.05	0.51	0.51
	2	14.0	14.2	6.3	99.1	99	99.05	6.3	6.3	6.3	12.579	0.05	0.51	
60	1	14.1	14.2	14.15	99.2	99.2	99.2	6.4	6.2	6.3	12.500	0.08	0.82	0.82
	2	14.2	14	14.1	99.2	99.3	99.25	6.4	6.4	6.4	12.507	0.08	0.82	
80	1	14.3	14.3	14.3	99.4	99.2	99.3	6.5	6.5	6.5	12.501	0.07	0.71	0.71
	2	14.3	14.4	14.35	99.4	99.4	99.4	6.4	6.5	6.45	12.478	0.07	0.71	
100	1	14.5	14.4	14.45	99.6	99.7	99.65	6.7	6.7	6.7	12.286	0.06	0.61	0.61
	2	14.5	14.5	14.5	99.6	99.6	99.6	6.7	6.8	6.75	12.278	0.06	0.61	

ตารางที่ ก-5 ข้อมูลการทดสอบกำลังรับแรงดัดของเสานำทางต้นทุนต่ำ ทดสอบที่ 21 วัน



ตารางการทดสอบกำลังรับแรงดัดของเสานำทางที่ 21 วัน

หญ้าแฝก(%)	ตัวอย่างที่	ความกว้าง (cm)			ความยาว (cm)			ความหนา (cm)			น้ำหนัก (kg)	แรงกด (N/mm2)	กำลังรับแรงดัด (kg/cm2)	กำลังรับแรงดัดเฉลี่ย (kg/cm2)
		1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย				
40	1	13.1	13.4	13.25	98.8	98.8	98.8	6.3	6.3	6.3	12.300	0.05	0.51	0.51
	2	13.2	13.3	13.25	98.8	99.6	99.2	6.3	6.4	6.35	12.308	0.05	0.51	
60	1	13.8	13.8	13.8	99.1	99.2	99.15	6.3	6.5	6.4	12.200	0.09	0.92	0.92
	2	13.8	13.5	13.65	99.1	99.1	99.1	6.3	6.2	6.25	12.204	0.09	0.92	
80	1	14.1	14	14.05	99.3	99.4	99.35	6.4	6.4	6.4	12.110	0.07	0.71	0.71
	2	14.2	14.1	14.15	99.3	99.5	99.4	6.4	6.5	6.45	12.098	0.07	0.71	
100	1	14.4	14.3	14.35	99.6	99.5	99.55	6.7	6.7	6.7	11.701	0.06	0.61	0.61
	2	14.4	14.5	14.45	99.5	99.4	99.45	6.6	6.5	6.55	11.708	0.06	0.61	

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข-1 การเปรียบเทียบราคาวัสดุของเสานำทางต้นทุนต่ำและเสานำทางตามมาตรฐานกรมทางหลวง

ตารางเปรียบเทียบราคาวัสดุในการผลิตเสานำทาง													
เสานำทางต้นทุนต่ำ (ขนาด 1x0.15x0.07 เมตร)							เสานำทางตามมาตรฐานกรมทางหลวง (ขนาด 1.35x0.15x0.075 เมตร)						
	วัสดุ	หน่วย	จำนวน/หน่วย	ราคาวัสดุ/หน่วย	ค่าแรง(ต้น)	ราคา(บาท)		วัสดุ	หน่วย	จำนวน/หน่วย	ราคาวัสดุ/หน่วย	ค่าแรง/ต้น	ราคา(บาท)
ตัวเสา	ดิน	ลบ.ม	0.011	200	7	2	ตัวเสา	คอนกรีต	ลบ.ม	0.0152	1248	20	19
	หญ้าแฝก	ลบ.ม	0.006			0		เหล็ก RB6	เส้น	1	47		47
	ทราย	ลบ.ม	0.003	240		1							
				รวม		10					รวม		86

ภาคผนวก ค

ตาราง ค-1 ข้อมูลพื้นที่แหล่งเพราะปลูกหญ้าแฝกในจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดข้างเคียง

กิจกรรม รณรงค์ส่งเสริมการปลูกหญ้าแฝก

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 (ตุลาคม 2550 - กันยายน 2551)

สถานีพัฒนาที่ดินพิษณุโลก กรมพัฒนาที่ดิน

จังหวัดพิษณุโลก แผนรวม 15,575 ไร่ ผลงานรวม 13,000 ไร่

พื้นที่ได้รับการปรับปรุงบำรุงดิน พื้นที่ดำเนินการ					
จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	ไร่	หมายเหตุ
พิษณุโลก	ชาติตระการ	ปอภาค	ม.1	575	
		ป่อภาค	ม.5	160	
		ปอภาค	ม.6	375	
		ป่อภาค	ม.15	375	
		ปอภาค		75	
		บ้านดง	ม.4	12.5	
		บ้านดง	ม.4,11,13	37.5	
		บ้านดง	ม.13	12.5	
		ชาติตระการ		375	อุทยานแห่งชาติน้ำตกชาติตระการ
		ชาติตระการ	ม.5	62.5	
		ป่าแดง	ม.6	45	
		ป่าแดง	ม.9	37.5	
	วัดโบสถ์	วัดโบสถ์	ม.6	145	
		บ้านยาง	ม.3	250	
		บ้านยาง	ม.11	60	
		ห้อแห้		20	
		ท่างาม	ม.1	50	
		ท่างาม	ม.2	70	
		ท่างาม	ม.7	50	
		ท่างาม	ม.8	50	
		คันโช้ง	ม.1	57.5	
		คันโช้ง	ม.4	100	
		คันโช้ง	ม.6	37.5	
		คันโช้ง	ม.7	117.5	
		คันโช้ง	ม.9	60	
		คันโช้ง	ม.10	50	
	เมือง	มะขามสูง	ม.3	50	
		มะขามสูง	ม.6	375	
		มะขามสูง	ม.10	70	
		บ้านป่า	ม.1,6,8	125	
		บ้านป่า	ม.7	50	
		หัวรอ	ม.6	50	
		ในเมือง		55	

พื้นที่ได้รับการปรับปรุงบำรุงดิน พื้นที่ดำเนินการ					
จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	ไร่	หมายเหตุ
พิษณุโลก	เนินมะปราง	ป่าแดง		25	
		บึงพระ	ม.2	25	
		บึงพระ	ม.3	25	
		บึงพระ	ม.6,8	112.5	
		บึงพระ	ม.9	6	
		ท่าหอง	ม.1	37.5	
		ท่าหอง	ม.4	50	
		ท่าโพธิ์	ม.6	50	
		ท่าโพธิ์		3.75	
		พลายชุมพล	ม.3	50	
		พลายชุมพล		12.5	
		ดอนทอง	ม.1	50	
		ดอนทอง	ม.8	5	
		ดอนทอง	ม.14	5	
		ไผ่ขอดอน	ม.3	50	
		ไผ่ขอดอน	ม.3,5	62.5	
		ห้วยรวง	ม.2	50	
		ห้วยรวง		30	
		อรัญญิก	ม.1	50	
		บ้านคลอง		50	ม.ราษฎรักษ์บุรณ์สงคราม
	วังทอง	บ้านกลาง	ม.3	287.6	
		บ้านกลาง	ม.9	300	
		บ้านกลาง	ม.10	75	
		บ้านกลาง	ม.11	62.5	
		บ้านกลาง	ม.14	67.5	
		บ้านกลาง	ม.16	50	
		บ้านกลาง		62.5	
		วังทอง	ม.3	15	
		วังทอง	ม.4	37.5	
		วังทอง		50	
		วังทอง	ม.10	12.5	
		วังนกแอ่น	ม.1	25	
		วังนกแอ่น	ม.14	12.5	
		วังนกแอ่น	ม.15	100	
		วังนกแอ่น	ม.ทวยหูล	25	
		วังนกแอ่น		245	
		ชมประดา	ม.6	20	
		ท่าหมื่นราม	ม.1	112.5	
		ท่าหมื่นราม		50	

พื้นที่ได้รับการปรับปรุงบำรุงดิน พื้นที่ดำเนินการ					
จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	ไร่	หมายเหตุ
พิษณุโลก	วังทอง	พันชาลี		5	
		วังพิกุล		12.5	
		ศิลาทอง	ม.1	25	
		ศิลาทอง	ม.2	50	
		ศิลาทอง		12.5	
		ชัยนาม	ม.1	51.25	
		ชัยนาม	ม.2	350	
		ชัยนาม	ม.3	7.5	
		วังทอง	ม.4	12.5	
		วังนาม	ม.6	50	
		วังนาม	ม.9	10	
		ชัยนาม		62.5	
	บางระกำ	ชุมแสงสงคราม	ม.1	25	
		ชุมแสงสงคราม	ม.7	375	
		ชุมแสงสงคราม	ม.9	12.5	
		ชุมแสงสงคราม	ม.10	25	
		นิคมพัฒนา	ม.4	100	
		บางระกำ	ม.7	125	
		บางระกำ	ม.9	12.5	
		บางระกำ	ม.13	200	
		บางระกำ		200	
		พันเสา	ม.9	12.5	
		ปอพอ	ม.1	100	
		วังอิทก		200	
	นางกรวุฒิ	วัดพายุ	ม.1	262.5	
		บ่อปากแรต	ม.2	30	
		โคกสลุด	ม.10	12.5	
		ไม้ล้อม	ม.10 บ.บึงช้าง	25	
		บ่อปากแรต	ม.9 บ.แหลมพระธาตุ	12.5	
		บ่อปากแรต	ม.10 บ.แหลมทอง	75	
		สายเลี้ย	ม.1	25	
	พรหมพิราม	วังน้ำเย็น	ม.6	300	
		ท่าช้าง	ม.11	12.5	
		ท่าช้าง	ม.12	375	
		พรหมพิราม	ม.1	12.5	
		พรหมพิราม	ม.7	150	
		ทับยายเชียง	ม.1	175	
		ทับยายเชียง	ม.2	25	
		ทับยายเชียง	ม.3	37.5	

กิจกรรม ระยะเร่งส่งเสริมการปลูกหญ้าแฝก
ปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 (ตุลาคม 2550 - กันยายน 2551)
กลุ่มวิชาการ สำนักจัดการพัฒนาที่ดินเขต 8 กรมพัฒนาที่ดิน

จังหวัดพิษณุโลก แผนรวม 1,000,000 กล้า ผลงานรวม 1,000,000 กล้า

พื้นที่ได้รับการปรับปรุงบำรุงดิน พื้นที่ดำเนินการ					
จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	กล้า	หมายเหตุ
พิจิตร	สามง่าม	-	-	10,000	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพิจิตร
	เมือง	โรงช้าง		10,000	พิรสวนพิจิตร
เพชรบูรณ์	เขาค้อ	เข็กน้อย	ม.8	10,000	
พิษณุโลก	เขาค้อ	เขาค้อ	ม.6	30,000	
	วังทอง	วังทอง		20,000	สถานีลงเคราะห์วังทอง
	เมือง	หัวรอ		2,000	
	เมือง			10,000	หน่วยศูนย์ต่อสู้ป้องกันทางอากาศ
					กองโยธาที่ 3 ค่ายสมเด็จพระเอกาทศรถ
	นครไทย	บ้านแยง		2,500	
	เมือง	บ้านคาง		2,500	
	ชาติตระการ	ปอภาค		100,000	
	วังทอง	วังทอง		10,000	หมู่บ้านเขาสมอคอน
	เมือง	สมอแข		20,000	ค่ายสมเด็จพระบรมไตรโลกนาถ
	เมือง	หัวรอ		20,000	บริษัทไทยแอโร่
	เมือง	ชัญญัติ		10,000	หมู่บ้านคลองสูน
	เมือง	จอมทอง		10,000	หมู่บ้านจอมทอง
	เมือง	ชัญญัติ	ม.7	15,500	
	นครไทย	เนินเพิ่ม		20,000	
	พรหมพิราม	ท่าช้าง	ม.11	20,000	หมู่บ้านคลองแสง
	เมือง	บ้านกร่าง	ม.11	3,000	
	วังทอง	ชุมนุม	ม.3	35,000	
	วังทอง	วังทอง	ม.4	25,000	
	เมือง	หัวรอ	ม.8	15,000	บ้านแค้งหนาม
	ชาติตระการ	ปอภาค		50,000	สถานีโครงการพัฒนาเกษตรที่สูงภูรัด
	ชาติตระการ	ปอภาค		20,000	
	ชาติตระการ	ปอภาค	ม.3	31,000	หมู่บ้านราชเรือ
	วังทอง	วังทอง	ม.5	25,000	
	เมือง	หัวรอ		20,000	
	เมือง	มะขามสูง		20,050	บ้านมะขามสูง
	ชาติตระการ	ปอภาค		25,000	
	นครไทย	นครชุม		100,000	
	วังทอง	บ้านกลาง	ม.5	15,000	
	วังทอง	วังทอง		10,000	

พื้นที่ได้รับการปรับปรุงบำรุงดิน พื้นที่ดำเนินการ					
จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	กล้า	หมายเหตุ
	วัดโบสถ์	คันโช้ง	ม.6	10,000	บ้านหนองกระบาก
	วังทอง	บ้านกลาง	ม.20	5,000	หมู่บ้านทรัพย์สมบูรณ์
	ชาติตระการ	บ่อภาค		25,000	สถานีเกษตรที่สูงภูชัด ภูเมี่ยง ภูสยมคาว
	วัดโบสถ์	บ้านยาง	ม.6	5,000	บ้านหนองยาง
	วัดโบสถ์	ท่างาม	ม.11	5,000	หมู่บ้านหวดปาน
	เมือง	บึงพระ		20,000	
	วัดโบสถ์	ท่างาม	ม.5	10,000	หมู่บ้านหัวหนองแคง
	ชาติตระการ	ปอภาค		40,000	
	วังทอง	วังทอง		3,400	สำนักงานตรวจบัญชีสหกรณ์พิษณุโลก
	วัดโบสถ์	บ้านยาง	ม.6	10,000	บ้านหม่าบาร
	วัดโบสถ์	ท่างาม	ม.2	5,000	
	วัดโบสถ์	ท่างาม	ม.2	5,000	หมู่บ้านหนองปิง
	วัดโบสถ์	ท่างาม	ม.13	5,000	หมู่บ้านหนองลลุง
	วัดโบสถ์	ท่างาม	ม.1	5,000	
	วัดโบสถ์	วัดโบสถ์	ม.1	20,000	หมู่บ้านท่างาม
	วังทอง	ชัยนาม	ม.2	50,000	วัดเกาะแก้วประชาบูรัก์ษ์
	ชาติตระการ	บ่อภาค	ม.7	30,000	โรงเรียนตชด.บ้านภูเหียม
	เมือง	หัวรอ		1,000	ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์
	นครไทย	เนินเพิ่ม	ม.6	2,000	
	พรหมพิราม	ท่าเยี่ยง		200	
	วังทอง	สันทอง	ม.1	10,000	
	เมือง	คอยถอง	ม.12	500	
	เมือง	คอยถอง	ม.12	2,000	
	เมือง	ท่าทอง	ม.2	10,000	รถ.ตชด.71
	นครไทย	เนินเพิ่ม	ม.10	40,000	
	เมือง	หัวรอ	ม.10	12,400	บ้านสระโครก
ศุขสิตต์	ท่าปลา	น้ำหมัน		2,000	
รวม				1,030,000	
หมายเหตุ :	ได้จ้างคนงานขนานเพื่อดำเนินงานสังกล้า เพิ่มเป็น 30,000 กล้า รวมทั้งหมดเป็น 1,030,000 กล้า				

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ : นายปรัชญา วงศ์ธิเวท

วัน/เดือน/ปีเกิด : 5 มิถุนายน 2529

สถานที่เกิด : จังหวัดลำพูน

การศึกษา : ประถมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนบ้านห้วยน้ำดิบ ตำบลบ้านโฮ่ง อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน

: มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนธีรกานท์บ้านโฮ่ง อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน

มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนธีรกานท์บ้านโฮ่ง อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน

: ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

ชื่อ : นายวีรยุทธ พลสว่าง

วัน/เดือน/ปีเกิด : 5 มิถุนายน 2529

สถานที่เกิด : จังหวัดนครสวรรค์

การศึกษา : ประถมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนวัดเทพสุทธาวาส ตำบลหนองกลับ อำเภอหนองบัว จังหวัดนครสวรรค์

: มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนหนองบัว อำเภอหนองบัว จังหวัดนครสวรรค์

มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนหนองบัว อำเภอหนองบัว จังหวัดนครสวรรค์

: ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

ชื่อ : นายสงกรานต์ ดวงสุวรรณ์

วัน/เดือน/ปีเกิด : 13 เมษายน 2529

สถานที่เกิด : จังหวัดเชียงราย

การศึกษา : ประถมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนบ้านส้นมะเค็ด อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

: มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนนุชนาถอนุสรณ์ อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเวียงป่าเป้าวิทยาคม อำเภอเวียงป่าป้า จังหวัดเชียงราย

: ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก