

บทที่ 2

ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ดินลูกรัง

ดินลูกรังเกิดจากการผุพังของหินในสภาพภูมิอากาศชื้นและมีอุณหภูมิสูง มีคุณสมบัติเฉพาะตัวคือสามารถแข็งตัวได้เมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศ และมักมีสีแดง เพราะมีออกไซด์ของเหล็กปะปนอยู่ คุณสมบัติของดินลูกรังจะขึ้นอยู่กับชนิดของต้นกำเนิด ชนิดของหินเดิม ส่วนประกอบทางเคมี และสภาพภูมิอากาศ ดินลูกรังเมื่อนำมาบดอัดจะสามารถรับแรงกดดันได้สูงขึ้น และมักนิยมใช้เป็นวัสดุก่อสร้างในงานวิศวกรรม เช่น เป็นชั้นทางวัสดุงานทาง เป็นดินถมในคันทางดินถม ในเขื่อนดินและในงานฐานราก เพราะมีราคาถูก และหาง่ายในธรรมชาติ งานวิจัยนี้จึงเลือกดินลูกรังเป็นวัสดุหลักในการจัดทำกรวิจัย

1.2 ความหมายของดินลูกรัง

ดินลูกรังหรือดินปนกรวด (skeletal soils) ตามระบบอนุกรมวิธานดินกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา หมายถึง ดินซึ่งมีชั้นส่วนหยาบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตร มากกว่าร้อยละ 35 โดยปริมาตร และมีอนุภาคดินที่พอจะแทรกอยู่ในช่องว่างที่มีขนาดโตกว่า 1 มิลลิเมตร จากคำนิยามของกองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน หมายถึง เศษส่วนหิน หรือก้อนกรวด

1.3 ลักษณะของดินลูกรัง

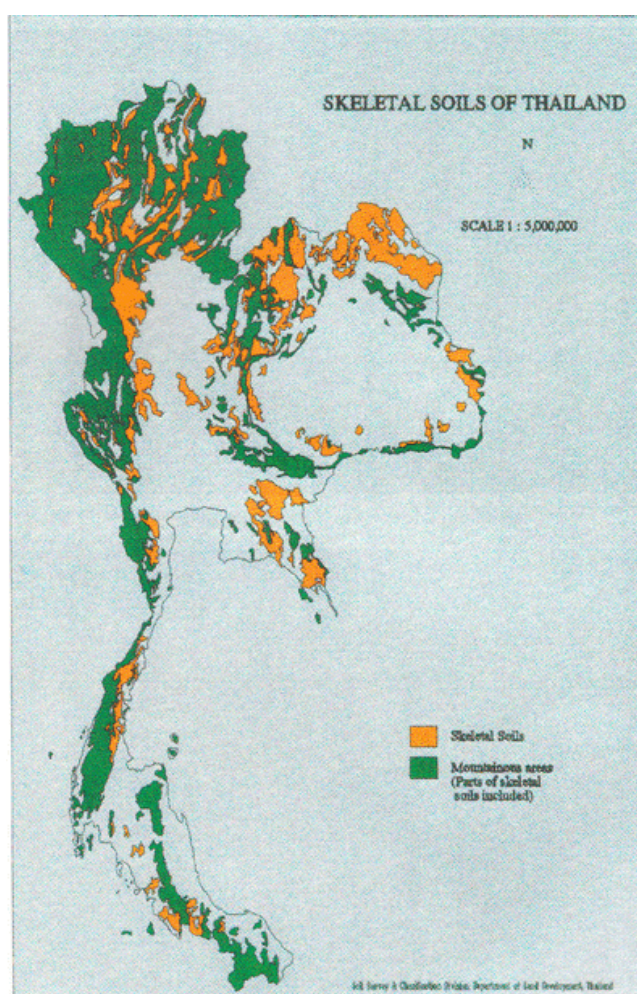
ดินลูกรัง (lateritic soil) ลักษณะของดินลูกรัง จัดอยู่ในประเภท skeletal soil ดินที่มีเศษหินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร หรือใหญ่กว่าอยู่ในดินเป็นปริมาณ 35 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่าโดยปริมาตรที่มีความลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตรจากผิวดิน เป็นได้ทั้งดินทราย (sandy - skeletal) ดินร่วน (loamy - skeletal) และดินเหนียว (clay - skeletal) เกิดได้ทุกสภาพพื้นที่



รูปที่ 1 ลักษณะของชั้นดินลูกรังที่สามารถแบ่งแยกได้อย่างชัดเจน

ดินลูกรังโดยทั่วไป สามารถแยกได้เป็น 2 ชนิด ที่พบในชั้นของดิน ที่สามารถแยกได้ชัดเจน คือประเภทดินลูกรังร่วน (ดินลูกรังสเปรค) หรือเป็นก้อนเกาะเป็นแผ่นแน่นทึบลูกรังร่วน (ดินลูกรังก้อน) โดยปกติแล้วจะมีขนาดแตกต่างกันมาก ตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ถึง 4-5 เซนติเมตร รายละเอียดของ 2 แบบ สามารถแยกได้ดังนี้คือ แบบแรก เมื่อใช้มือ บิออกจะเห็นลักษณะ Concentric lamination Characteristic แต่แบบที่ 2 จะไม่เห็น โดยทางปฏิบัติ แบบแรก เรียกว่า True laterite หรือ ground water laterite ส่วนแบบหลัง เรียกว่า pseudo laterite โดยทั่วไปจะพบ laterite ทั้ง 2 แบบปะปนในชั้นดินเสมอ แต่จะมีชนิดหนึ่งชนิดใดมากกว่ากันขึ้นอยู่กับลักษณะและหรือบริเวณที่อยู่ในดิน เช่น Pseudo มักจะพบที่ส่วนบนสุดของที่ลาดเอียง มีขนาดค่อนข้างสม่ำเสมอ ปกติแล้วมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2 เซนติเมตร แบบที่สองของหินลูกรังเป็นชนิดแผ่นแน่นทึบ แต่ถ้าแบ่งย่อยต่อไปจะแยกได้ชัดว่ามี 3 ชนิด คือ แบบ Honey comb ซึ่งเป็นแบบที่ลูกรังร่วนเกาะกันแน่นหรือเป็นหินก้อนกรวดมาชิดกันมากกว่าจะเป็น Laterite การเกิดของหินเหล่านี้แต่ละรูปแบบยังไม่แน่นอนนัก เชื่อว่า Honey comb เกิดขึ้นมาจากแร่ธาตุที่มีเหล็กผสมอยู่มาก หรือ Plinthite ถูกยกขึ้นบนผิวดิน และนักวิทยาศาสตร์อื่นๆ ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า Plinthite สามารถที่จะแข็งตัวได้ หากเกิดสภาพแห้งและเปียกสลับกันในช่วงเวลาพอสมควรทั้ง ๆ ที่ไม่ต้องถูกอากาศ สำหรับอีก 2 ชนิด ต้องเกิดจากการเชื่อม

ติดกันของลูกรัง่วนและกรวดหินมากกว่าการเชื่อมของหินลูกรังโดยธาตุเหล็ก อย่างไรก็ตามสภาวะสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่จะอำนวยให้เกิดเหตุการณ์เหล่านั้น ยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ โดยธรรมชาติดินลูกรังชนิดที่เป็นแผ่นเกาะกันแน่น จะพบในชั้นดินในรูปแบบหักหรือแตก หรือแบบที่เป็นชั้นหรือหินเป็นแผ่นต่อเนื่องกัน ดังนั้นแผ่นแข็งมีขนาดแตกต่างกันไป ตั้งแต่เส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 เมตร ถึง 1-2 กิโลเมตร



รูปที่ 2 แหล่งดินลูกรังในประเทศไทย

ประเทศไทยมีพื้นที่ดินลูกรังประมาณ 68,765 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 13.4 ของพื้นที่ทั้งประเทศ พบแพร่กระจายอยู่ทั่วประเทศ ในบริเวณตะพักลำน้ำ ที่ลาดเชิงเขา เนินตะกอนรูปพัดต่อเนื่อง พื้นที่ที่เหลือค้างจากการชะล้างหน้าดิน (Erosion surface) เนินเขาและภูเขา พื้นที่ส่วนใหญ่ของ

ดินนี้อยู่ทางตอนเหนือของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนกลางของภาคเหนือ และภาคตะวันออก และพบเล็กน้อยในภาคกลางและภาคใต้ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 3 ลักษณะของดินลูกรังที่ใช้ในงานก่อสร้างถนน

1.4 ประเภทของดินลูกรัง

ประเภทของดินลูกรังตามคุณสมบัติทางฟิสิกส์ สามารถแบ่งออกเป็นดังนี้

- 1) Laterite หรือลูกรัง หมายถึง ดินที่เกิดจากกระบวนการผุพังในอัตราค่อนข้างสูง และมีคุณสมบัติแข็งตัวเมื่อสัมผัสกับอากาศ
- 2) Lateritic soil หรือดินลูกรัง หมายถึง ดินสีแดงซึ่งมีออกไซด์ของเหล็กและอลูมิเนียมในปริมาณสูง ซึ่งเป็นผลมาจากการกระบวนการ laterization มีคุณสมบัติแข็งตัวได้เองและมี laterite rock และ laterite gravel ผสมอยู่
- 3) Tropical red soil (latosols) หมายถึง ดินสีแดงที่ไม่มีคุณสมบัติแข็งตัวได้เอง และไม่มี laterite rock และ laterite gravel ผสมอยู่
- 4) Laterite rock หรือหินลูกรัง หมายถึง ดินลูกรังที่เกิดจากการแข็งตัวเองอย่างสมบูรณ์ มีความเหนียวและแข็ง มีคุณสมบัติเป็นหินมากกว่าดิน เช่น หินศิลาแดง เป็นต้น

5) Phinthise หมายถึง หินลูกรังอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งสามารถตัดด้วยเครื่องตัดโลหะได้ในขณะอยู่ใต้ดิน เมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศจะเกิดการแข็งตัวและไม่กลับสู่สภาพเดิม

6) Laterite gravel หรือกรวดลูกรัง หมายถึง ลูกรังที่ประกอบด้วยวัสดุเม็ดหยาบเป็นเม็ดเล็ก มีความแข็งแตกต่างกัน บางที่อาจยึดเกาะกันเป็นมวลใหญ่ หรืออาจ่วนเป็น silty และ (หรือ) clayey lateritic soil

1.5 สีของดินลูกรัง

ดินลูกรังส่วนใหญ่จะมีสีแดง และจะมีสีแดงเข้มหรือสีแดงอ่อน ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่เป็นส่วนประกอบของเหล็กออกไซด์ อลูมินัม ดินาเนียม และแมงกานีส โดยทั่วไปสีของดินลูกรังจะเกิดจาก

1) สารอินทรีย์ ดินจะมีสีดำ สีนํ้าตาลและสีเทา

2) แร่ธาตุๆ ที่เป็นส่วนประกอบของดินลูกรัง

- แร่เหล็ก ดินมีสีแดง สีส้ม สีเหลือง สีนํ้าเงิน และสีเขียว
- แคลเซียม แมกนีเซียม และโปแตสเซียม ดินจะมีสีขาว
- อลูมิเนียม ดินจะมีสีขาว
- แมงกานีส ดินจะมีสีดำ และสีนํ้าตาล

ซึ่งจะสังเกตได้ว่าถ้าเป็นบริเวณเชิงลาดสูงสุดของเนินเขาที่มีการระบายน้ำดี ดินลูกรังจะมีสีแดงไปจนถึงนํ้าตาลแกมแดง หรือสีแดงสด หรือสีแดงแกมม่วง ซึ่งสีแดงเหล่านี้แสดงถึงการมีเหล็กออกไซด์ประเภทเฮมาไทต์ในดิน แต่ถ้าในบริเวณตอนกลางของเนินเขา และที่ต่ำลงมา การระบายน้ำจะคือน้อยกว่าบริเวณสูงสุดของเนินเขาทำให้ดินมีความชื้นนาน และปริมาณน้ำที่เป็นส่วนประกอบของเหล็กในดินมากขึ้น ดินลูกรังจะมีสีนํ้าตาล หรือสีเหลืองมากกว่าสีแดง เหล็กออกไซด์ในรูปของดินลูกรังบริเวณนี้ส่วนใหญ่จะเป็น จีโอไทต์ และลิโมนาइट แสดงให้เห็นว่ายิ่งต่ำลงมาดินจะเปลี่ยนจากสีนํ้าตาลแกมแดงมาเป็นสีนํ้าตาล หรือสีนํ้าตาลแกมส้ม จนถึงนํ้าตาลแกมเหลือง หรืออาจเป็นสีเหลืองแกมนํ้าตาล ส่วนบริเวณที่มีการระบายน้ำไม่ดีดินจะมีสีเทาปนนํ้าเงิน

1.6 การสำรวจแหล่งลูกรัง เพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง

ในการสำรวจหาแหล่งดินลูกรังที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างนั้น จะต้องเริ่มจากศึกษาข้อมูลของดินลูกรังที่พบอยู่ในประเทศ โดยอาศัยข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศเพื่อเป็นแนวทางในการหาแหล่งดินลูกรังที่จะนำมาเป็นวัสดุในงานวิศวกรรม เมื่อพบแหล่งดินลูกรังที่ต้องการแล้วก็จะทำการสำรวจเพื่อหาขอบเขตของพื้นที่ที่มีดินลูกรัง

ในการสำรวจแหล่งวัสดุเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างทางสามารถแบ่งขั้นตอนการปฏิบัติงานออกได้ 2 ขั้นตอน คือ

1) การหาแหล่งหรือบริเวณที่คาดว่าจะมีวัสดุ โดยปกติการหาแหล่งวัสดุที่จะใช้ในงานก่อสร้างจะพยายามหาให้ได้ในบริเวณที่ใกล้เคียงกับงานก่อสร้างทางมากที่สุด เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง การหาแหล่งวัสดุโดยทั่วไปจะต้องเริ่มต้นจากการศึกษาแผนที่ภูมิประเทศ (topographic map) เสียก่อน บริเวณที่จะมีแหล่งลูกรังมักจะมีเส้นชั้นความสูงปานกลาง ฉะนั้นควรให้ความสนใจแก่แนวทางการไหลของน้ำในปัจจุบัน เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดแนวทางของลำน้ำเก่า

หลังจากที่ได้กำหนดจุดสำรวจอันได้แก่บริเวณที่เป็นเนินและบริเวณที่คาดว่าจะเป็นลำน้ำเก่าแล้ว คณะสำรวจก็จะออกสำรวจโดยการเจาะส้อมบริเวณต่างๆ ตามที่ได้กำหนดในแผนที่ การสังเกตลักษณะพืชพันธุ์สามารถใช้เป็นแนวทางในการสำรวจแหล่งลูกรังได้ นอกจากนี้คณะผู้สำรวจอาจสอบถามจากชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่เข้าไปทำการสำรวจอันจะทำให้เข้าถึงจุดที่ต้องการจะสำรวจได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น

2) การหาอาณาบริเวณและปริมาณวัสดุของแหล่งวัสดุ เมื่อทราบว่าแหล่งวัสดุอยู่ ณ ที่แห่งใดแล้ว ก็ทำการเจาะสำรวจเพื่อหาปริมาณและขอบเขตที่มีวัสดุ การขุดเจาะจะขุดโดยใช้รถแบคโฮ ในการเจาะตรวจสอบความหนาของชั้นหน้าดินและความหนาของชั้นดินลูกรังในทุกหลุมที่ขุดเจาะ อย่างไรก็ตาม ก่อนที่จะทำการเจาะสำรวจเพื่อครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด ให้เก็บตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพของวัสดุดินลูกรังเพื่อใช้ในงานวิศวกรรม

1.7 มาตรฐานการทดสอบวัสดุก่อสร้างทางประเภทดินลูกรังซึ่งกำหนดคุณสมบัติดังนี้

คุณสมบัติ

1. ปราศจากก้อนดินเหนียว (Clay Lump) Shale รากไม้ หรือวัชพืชอื่นๆ
2. ขนาดวัสดุใหญ่สุดต้องไม่โตกว่า 5 เซนติเมตร
3. ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ไม่มากกว่า 2/3 ของขนาดผ่านตะแกรง เบอร์ 40
4. ค่าขีดเหลว (Liquid Limit) ไม่มากกว่า 35
5. ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (Plasticity Index) อยู่ในระหว่าง 4-11
6. ค่าจำนวนส่วนร้อยละของความสึกหรอ (Percentage of wear) ไม่มากกว่า 60
7. ค่า ซี.บี.อาร์.จากห้องทดลองไม่น้อยกว่า 30 หรือไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในแบบ
8. มีมวลคละผ่านตะแกรง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มวลคละผ่านตะแกรงมาตรฐาน

ขนาดของตะแกรงมาตรฐาน	น้ำหนักผ่านตะแกรงเป็นร้อยละ			
	ชนิด ก.	ชนิด ข.	ชนิด ค.	ชนิด ง.
2"	-	-	-	-
1"	100	100	100	100
3/8"	50-85	60-100	-	-
เบอร์ 4	25-65	50-85	55-100	70-100
เบอร์ 10	25-50	40-70	40-100	55-100
เบอร์ 40	15-30	25-45	20-50	30-70
เบอร์ 200	8-15	8-25	8-20	8-25

2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จตุรงค์ พงษ์พุด และคณะ (2543) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของดินลูกรังที่ใช้ในงานทาง ในเขตภาคกลางตอนล่าง โดยการเก็บตัวอย่างดินลูกรังของบริเวณพื้นที่ภาคกลางตอนล่าง พบว่าดินลูกรังมีมากอยู่ในจังหวัดราชบุรี กาญจนบุรี เพชรบุรีและสุพรรณบุรี ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางธรณีวิทยาของภูมิภาคนี้มาก การเก็บตัวอย่างดินเลือกเก็บจากบ่อลูกรังที่มีขนาดใหญ่ และมี

ปริมาณสำรองสูง โดยใช้ตัวอย่างดินจาก 12 บ่อลูกรัง ผลการทดลองในเรื่องการบดอัดดิน พบว่ามีความหนาแน่นแห้งโดยเฉลี่ย 2.16 ตัน/ลบ.ม. ซึ่งมีค่าความหนาแน่นสูงปานกลางเหมาะสำหรับงานรองพื้นทางจราจรสูง ถึงปานกลางได้ดี ผลการทดลองหาขนาดกะของมวลดินโดยใช้วิธีการล้างน้ำ นั้น ได้ค่าขนาดความละเอียดอยู่ในเกณฑ์ผลเฉลี่ยอยู่ในเกรด B เหมาะสำหรับรองพื้นทางจราจรสูง ถึงปานกลางได้ดี และมีความสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นเป็นส่วนใหญ่ การทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L.), Plastic Limit (P.L.), และ Plastic Index (P.I.) นั้นเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานกรมทางหลวง พบ 80 % นั้นเหมาะสำหรับงาน รองพื้น และส่วนน้อยที่เหลือสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุคันทาง วัสดุคัดเลือก เนื่องจากค่า Liquid Limit ไม่ได้มาตรฐาน จากการทดลองหาค่า CBR พบว่าได้ค่า CBR เฉลี่ย 35 % ซึ่งเหมาะสมกับการใช้งานเช่นเดียวกับผลการทดลองการบดอัดข้างต้น จากการทดลองทั้งหมดนั้นพอสรุปได้ว่า ดินลูกรังในเขตภาคกลางตอนล่างที่ทำการศึกษารั้งนี้ประมาณ 90 % เหมาะสำหรับงานรองพื้นทาง ที่มีการจราจรสูงถึงปานกลางได้ และอีกประมาณ 10% ก็ยังสามารถใช้เป็น วัสดุคัดเลือก ดินคันทาง ไหล่ทาง เนื่องจาก ค่าการทดลองต่างๆ ที่ได้ต่ำกว่ามาตรฐานของงานพื้นทาง และรองพื้นทางทั้งที่ขึ้นอยู่กับกรออกแบบของวิศวกรและข้อกำหนดอื่น ๆ ของกรมทางหลวงด้วย

วุฒิชัย วัยวุฒิเกียรติ (2526) ได้ศึกษาคุณสมบัติของดินลูกรัง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่าดินลูกรังส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่ม A-2 (AASHTO) ซึ่งเป็นกรวดปนตะกอนหรือกรวดทรายปนดินเหนียว (silty หรือ clayey gravel) มีคุณภาพดีถึงดีมาก เหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุก่อสร้างในงานถนน นอกจากนี้ยัง พบว่าเมื่อ liquid limit หรือ plastic limit หรือ plasticity index เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดลดลง ในขณะที่ปริมาณความชื้นที่ความหนาแน่นแห้งสูงสุดจะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามปัญหาที่พบในดินลูกรังภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยคือ ดินลูกรังมีความเหนียวมาก ทำให้ liquid limit และ plasticity index ไม่อยู่ในเกณฑ์ข้อกำหนดต่าง ๆ

สิทธิพงษ์ พูลทรัพย์ และคณะ (2550) ได้นำดินลูกรังจากแต่ละแหล่งตามจังหวัดต่างๆ ที่มีการใช้งานในกรุงเทพมหานครมาเพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติได้แก่ ค่า CBR , ค่า COMPACTION , ค่า SIEVE ANALYSIS และ ค่า ATTERBERG LIMIT เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลและนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยมีสมมุติฐานว่าแต่ละแหล่งนั้นจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัว เช่นค่าความถ่วงจำเพาะ ค่า Maximum Dry Density และคุณสมบัติเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กันกับขนาดของการกระจายตัวของดินลูกรังด้วย เนื่องจากดินลูกรังที่นำมาใช้ในงานก่อสร้าง สามารถนำมาจากแหล่งดินลูกรังซึ่งมีอยู่

เป็นจำนวนหลายบ่อกระจายอยู่ตามพื้นที่ต่างๆของประเทศไทย ซึ่งในแต่ละแหล่งจะมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมแตกต่างกันออกไป โดยจัดทำข้อมูลคุณสมบัติในด้านต่างๆทางวิศวกรรมของดินลูกรัง จากแหล่งต่างๆในประเทศไทยเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ดินลูกรังจากแหล่งต่างๆ เพื่อความเหมาะสมในการปฏิบัติงาน และจะทำให้ทราบถึงคุณสมบัติของดินลูกรังจากหลายๆแหล่งซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันขึ้นอยู่กับภูมิประเทศของพื้นที่นั้นๆ