



การเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะทางกายภาพของหินโรยทาง ที่ตำแหน่งต่างๆเมื่อผ่านการใช้งาน

Physical Characteristics Changes of Ballast at Various Positions After Usage

กิริติ เกรือจันทร์¹, ชีระพงษ์ กิจชนศักดิ์¹, ชวลิต ชูสุวรรณ¹ และ *บุญชัย แสงเพชรงาม¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็น การศึกษาและวิเคราะห์ถึง การเปลี่ยนแปลงด้าน คุณสมบัติทางกายภาพ ของหินโรยทางที่ผ่านการใช้งานไปแล้วระยะหนึ่ง ด้วยการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ หินโรยทางกับมาตรฐานในด้าน การ คละขนาด ชีดความ ขึ้นเหลว Percent Flat และ Percent Elongation ซึ่งเป็น คุณสมบัติที่สามารถบอกการสึกหรอของหินโรยทาง ผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่าง หินโรยทางจาก 5 ตำแหน่งรอบหมอนรถไฟจาก 5 หมอนรถไฟ ซึ่ง ผลการวิจัยพบว่า ที่ตำแหน่งใต้หมอนแนวได้รางรถไฟมีการเปลี่ยนแปลง ของการคละขนาด มากที่สุดคือมีส่วนละเอียดมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ ตำแหน่งอื่นๆและเปรียบเทียบกับมาตรฐานการคละขนาดของหินโรยทาง จึงทำให้ทราบการคละขนาดของหินโรยทางหลังจากผ่านการใช้งานแล้ว และผลการทดสอบ ชีดความขึ้นเหลว ยังชี้ให้เห็นว่าหินโรยทางที่อยู่ระดับ ได้หมอนมีการปนเปื้อนของเม็ดดินเหนียวในทุกตำแหน่ง โดยที่ตำแหน่ง ได้รางรถไฟน่าจะมีส่วนละเอียดจากการสึกหรอของหินโรยทางผสมกับ เม็ดดินเหนียว

คำสำคัญ: หินโรยทาง, ทางรถไฟ, การสึกหรอ, การคละขนาด

Abstract

This research is to study and analyze the changes in the physical properties of ballast through applications to one term. A comparison of the features of standard ballast of Sieve analysis test or gradation test atterberg limit test flat and elongation test. It is a feature that can tell the wear of the ballast. Sprinkle rock samples were collected from five of five railway sleepers for the railway sleepers. The results of

deterioration showed that the Positioned under a pillow under the railway tracks along with a change of assorted sizes and a more detailed comparison to other positions. And compared with standard ballast of assorted sizes. So keeping in mind the size of the ballast Assorted way through after use. Test results also underscore the Atterberg limit that the level of ballast under the pillow with the contamination of clay tablets in every position. And the position under the tracks to the profile of the wear of ballast mixed with pellets of clay.

Keywords: Ballast, Railway Track, Deterioration, Gradation

1. บทนำ

หินโรยทางเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญของโครงสร้างรางรถไฟแบบใช้หินโรยทาง ซึ่งหน้าที่ของหินโรยทางก็มีหลายประการ เช่น เพื่อยกระดับความสูงของรางรถไฟ เพื่อยกน้ำหนักจากขบวนรถไฟลงไปยังผิวทางโดยไม่ให้ดิน ชั้นผิวทางเกิดความเสียหาย เป็นต้น [1] ซึ่งปัจจัยที่ทำให้หินโรยทางเสื่อมสภาพมีดังนี้

1.1 การรับน้ำหนักจากล้อรถไฟ

การถ่ายน้ำหนักจากหมอนลงสู่หินโรยทางสามารถใช้สูตรทางคณิตศาสตร์หาได้อย่างแน่นอน ทั้งนี้เพราะหินโรยทางไม่เหมือนกันทั้งรูปร่างและตำแหน่งบนทางและขนาดทำให้มีความยากในการเจาะจงว่าแรงที่เกิดขึ้นในหินแต่ละก้อนมีค่าเท่าไร แต่โดยอาศัยหลักของ Elastic Deformation เพื่อให้เราสามารถทราบถึงการกระจายแรงโดยจะคิดในหน่วยของพื้นที่ (Unit Pressure) โดยแรงดังกล่าวจะมีขนาดน้อยลงที่ความลึกเพิ่มขึ้น โดยกล่าวได้ว่าหินที่รับแรงโดยตรงจะสึกเร็วกว่าและจะสึกน้อยลงเมื่ออยู่ลึกและห่างจากตำแหน่งที่แรงกระทำ [2]

1.2 ความต้านทานของหินโรยทาง (Ballast Resistance)

* ผู้เขียนผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding author)

E-mail address: boonchai.sa@chula.ac.th

หินโรยทางที่ใส่ไว้ในทางในช่องระหว่างหมอนและที่หัวหมอน ย่อมก่อให้เกิดความต้านทานบังคับกับหมอนไม่ให้ขยับเขยื้อนไปมาได้ โดยความต้านทานดังกล่าวส่วนใหญ่เกิดจากความฝืด (Friction) ระหว่างหินโรยทางกับหมอน และแรงที่เกิดขึ้นระหว่างหินด้วยกันเอง โดยแรงที่เกิดขึ้นถูกระบุไว้ เช่น กิโลกรัม /หมอน หรือ ปอนด์ /หมอน โดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ[3]

หากเราสามารถวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติทางกายภาพของหินโรยทางในตำแหน่งต่าง ๆ บนหน้าตัดทางรถไฟได้ก็จะนำไปสู่การปรับปรุงให้หินโรยทางมีอายุการใช้งานได้นานขึ้น เป็นการแก้ไขให้พิกัดทางรถไฟอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย

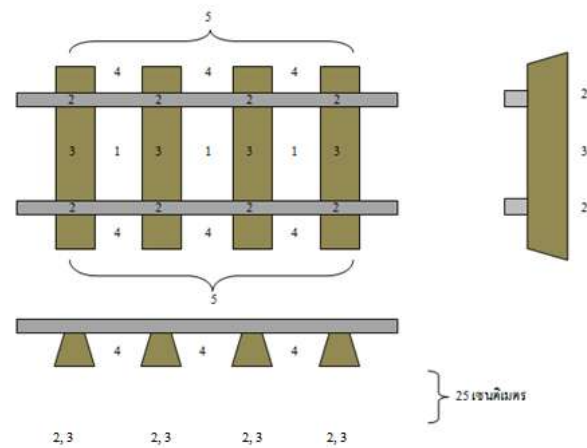
2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการ ดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัย ได้เก็บตัวอย่างหินโรยทาง จาก สถานีรถไฟขุนตาล อำเภอ แม่ทา จังหวัด ลำพูน ซึ่งเป็นทางรถไฟที่ได้ผ่านการใช้งานมาอย่างยาวนาน โดยเก็บตัวอย่างหินจากหมอนรถไฟ 5 หมอนที่อยู่ต่อเนื่องกัน ที่แต่ละหมอนผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างหินมา 5 ตำแหน่งดังแสดงในรูปที่ 2

ตัวอย่างทั้งหมด 25 ตัวอย่างได้ถูกนำมาทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพ โดย แบ่งการทดสอบเป็น 4 การทดสอบ คือ การทดสอบการวิเคราะห์การกระจายขนาด (Sieve Analysis) [4] การทดสอบขีดความชันเหลวของดิน (Atterberg Limits) [5] การทดสอบ Percent Flat และการทดสอบ Percent Elongation [6] ซึ่งการทดสอบเหล่านี้สามารถใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพจากการใช้งานของหินโรยทางได้



รูปที่ 1 รางรถไฟกิโลเมตรที่ 684/1 สายเหนือ ในระหว่างงานก่อสร้างโครงการบูรณะทางในปี พ.ศ.2556



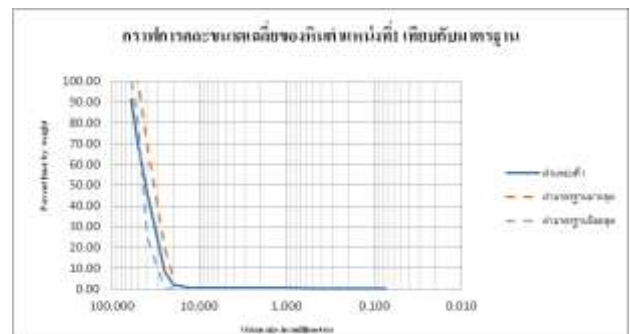
รูปที่ 2 ผังแสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างที่แต่ละหมอนรถไฟ

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

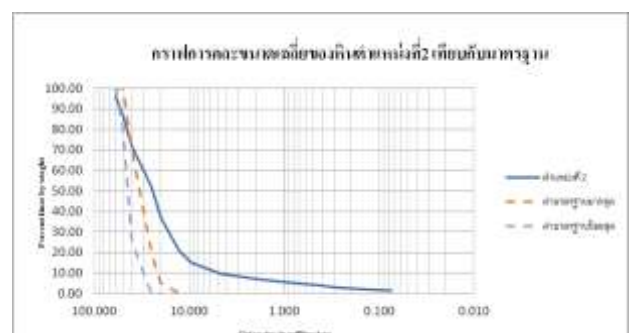
ผลการทดลองหินโรยทางรถไฟที่ผ่านการใช้งานแล้วมีอยู่ 4 ผลการทดลอง คือ การทดสอบการวิเคราะห์ การกระจายขนาด (Sieve Analysis) การทดสอบขีดความชันเหลวของดิน (Atterberg Limits) การทดสอบ Flakiness Index และการทดสอบ Elongation Index โดยจะได้ผลการทดลองดังนี้

3.1 ผลทดสอบการวิเคราะห์การกระจายขนาด (Sieve Analysis)

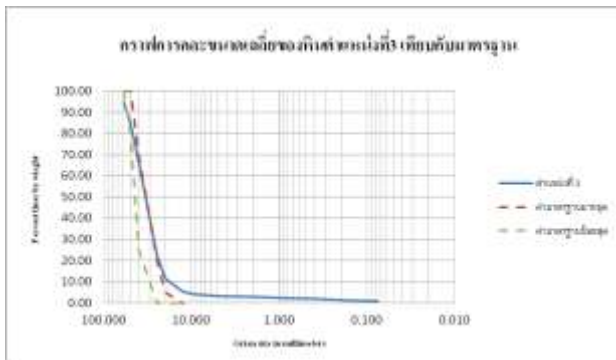
กราฟการกระจายตัวของขนาดเม็ดหินโรยทางทั้ง 5 ตำแหน่งเปรียบเทียบกับมาตรฐานการกระจายขนาดหินโรยทาง[7] ได้แสดงในรูปที่ 3 - 7



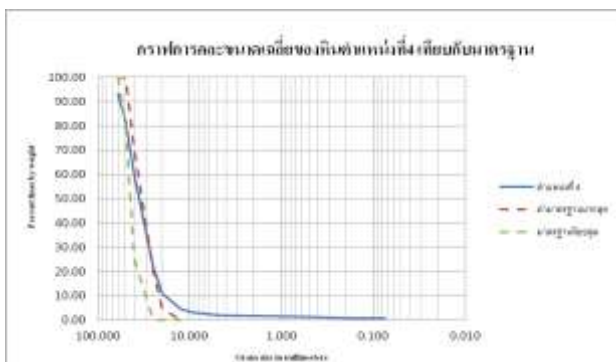
รูปที่ 3 กราฟการกระจายขนาดเฉลี่ยของหินตำแหน่งที่ 1 เทียบกับมาตรฐาน



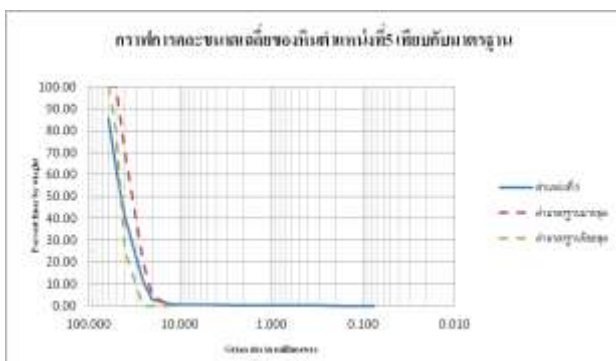
รูปที่ 4 กราฟการกระจายขนาดเฉลี่ยของหินตำแหน่งที่ 2 เทียบกับมาตรฐาน



รูปที่ 5 กราฟการคละขนาดเฉลี่ยของหินตำแหน่งที่3 เทียบกับมาตรฐาน



รูปที่ 6 กราฟการคละขนาดเฉลี่ยของหินตำแหน่งที่4 เทียบกับมาตรฐาน



รูปที่ 7 กราฟการคละขนาดเฉลี่ยของหินตำแหน่งที่5 เทียบกับมาตรฐาน

หินโรยทางที่อยู่ในตำแหน่งที่ 1 คือ หินโรยทางที่อยู่ชั้นบนสุดของชั้นหินและเป็นหินที่อยู่ระหว่างหมอน 2 หมอน ปรากฏว่ามีเปอร์เซ็นต์การเชื่อมสภาพเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของหินสดของหินในแต่ละขนาดเป็นดังนี้ คือ หินขนาด 2.5 และ 2 นิ้ว ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของหินสด และหินขนาด 1.5 นิ้วลงไปจะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการคละขนาดของหินสด ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าการเชื่อมสภาพของหินในตำแหน่งนี้มีค่าการเชื่อมสภาพที่ต่ำแต่มีข้อสังเกตอย่างหนึ่งคือ ขนาดของหินโรยทาง ขนาด 2 นิ้วขึ้นไป มีค่าแตกต่างจากค่ามาตรฐานเป็นอย่างมากซึ่งอาจจะบอกถึงการเลือกขนาดของหินสดที่นำมาใช้ในการใช้งาน โดยหากมีการปรับปรุงหินโรยทางก็อาจจะนำหินขนาด 2 นิ้ว ขึ้นไป มาเติมในตำแหน่งที่ 1

หินโรยทางในตำแหน่งที่ 2 เป็นหินโรยทางที่อยู่ใต้หมอนโรยทางโดยตรงและอยู่ในตำแหน่งตรงกับรางรถไฟ ปรากฏว่ามีเปอร์เซ็นต์การเชื่อมสภาพเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของหินสดของหินในแต่ละขนาดเป็นดังนี้ คือ หินโรยทางที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการคละขนาดคือ ขนาด 2 นิ้ว และขนาดที่ไม่ได้อยู่ในเกณฑ์ คือ ขนาด 2.5 1.5 1 และ 3/4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าการเชื่อมสภาพของหินในตำแหน่งนี้มีค่าการเชื่อมสภาพที่สูง โดยเฉพาะหินที่มีขนาดเล็ก และอาจสรุปได้ว่าหินโรยทางในตำแหน่งนี้มีคุณสมบัติของการคละขนาดที่มีค่า ำรงจากมาตรฐานหินโรยทางมาก คือ เป็นแบบ Open-graded

หินโรยทางในตำแหน่งที่ 3 คือ หินโรยทางที่อยู่ตรงกลางใต้หมอนรองราง และอยู่ลึกลงมาใต้ชั้นทาง ประมาณ 25 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การเชื่อมสภาพเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของหินสดของหินในแต่ละขนาดเป็นดังนี้ คือ หินโรยทางที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขนาด 2 และ 1.5 นิ้ว และไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ขนาด 2.5 1 และ 3/4 นิ้ว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าการเชื่อมสภาพของหินโรยทางในตำแหน่งนี้มีค่าการเชื่อมสภาพอยู่ในระดับปานกลาง เพราะจะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์ค่าความเชื่อมที่แตกต่างจากค่ามาตรฐานจะเกิน ในช่วงหินที่มีขนาดตั้งแต่ 1 นิ้วลงมา สรุปได้ว่าหินโรยทางในตำแหน่งนี้มีบางส่วนที่ยังคงมีคุณสมบัติการคละขนาดตรงตามมาตรฐาน ดังนั้น ในตำแหน่งนี้หากมีการปรับปรุงทางก็อาจจะคัดเลือกขนาดในบางช่วงที่เชื่อมมาเติมในตำแหน่งนี้ก็พอ

หินโรยทางในตำแหน่ง ที่ 4 คือ หินโรยทางที่อยู่ตรงกลางทางใต้ชั้นทางลึกลงมาประมาณ 25 เซนติเมตร และอยู่ระหว่างหมอนรองราง 2 หมอน จากผลการทดลองปรากฏว่า ค่าความเชื่อมของหินโรยทางเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของหินสดในแต่ละขนาดในตำแหน่งนี้ เป็นดังนี้ คือ ขนาดหินโรยทางที่ผ่านเกณฑ์ มาตรฐาน คือ 2 และ 1.5 นิ้ว และขนาดที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือ ขนาด 2.5 1 และ 3/4 นิ้ว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความเชื่อมสภาพของการคละขนาดของหินโรยทางในตำแหน่งที่ 4 ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน เพราะเปอร์เซ็นต์ค่าความเชื่อมที่เกิดขึ้นก่อนไปนหินที่มีขนาดเล็กคือ หินขนาด 1 นิ้ว ดังนี้ หากจะต้องป ปรับปรุงหินโรยทางในเรื่องของการคละขนาดก็อาจจะต้องเสริมหินโรยทางขนาดดังกล่าวในตำแหน่งที่ 4

หินโรยทางในตำแหน่งที่ 5 คือ หินโรยทางที่อยู่ข้างคันทาง คือ บริเวณบนหัวหมอนรองราง ปรากฏค่าความเชื่อมของหินโรยทางในการวัดการคละขนาดเทียบกับค่ามาตรฐานของหินสดในแต่ละขนาด เป็นดังนี้ คือ หินขนาด 2.5 และ 2 นิ้ว ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของหินสด และหินขนาด 1.5 นิ้วลงไปจะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการคละขนาดของหินสด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขนาดการคละขนาดของหินโรยทางอยู่ในคุณสมบัติที่ตรงตามมาตรฐานแต่มีข้อสังเกตอย่างหนึ่งคือ ขนาดของหินโรยทาง ขนาด 2 นิ้ว มีค่าแตกต่างจากค่ามาตรฐานเป็นอย่างมากซึ่งอาจจะบอกถึงการเลือกขนาดของหินสดที่นำมาใช้ในการใช้งาน โดยหากมีการปรับปรุงหินโรยทางก็อาจจะนำหินขนาด 2 นิ้วมาเติมในตำแหน่งที่ 5

เมื่อเทียบการกะขนาดของแต่ละตำแหน่งสามารถจัดหินออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

หนึ่ง กลุ่ม หินโรยทางที่ยังคงมีคุณสมบัติที่ดีในส่วนของการกะขนาด แต่มีหินขนาด 2 นิ้ว ที่หายขาดไปจากค่ามาตรฐาน ได้แก่ หินโรยทางในตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 5 แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของหินโรยทาง ทั้ง ปริมาณการจราจร น้ำหนักที่รถไฟบรรทุก หรือปัจจัยจากสภาวะแวดล้อมอื่นๆ มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับ 3 กลุ่ม

กลุ่มที่ 2 คือหินที่มีคุณสมบัติของการกะขนาดดีรองลงมา คือ มีขนาดหินที่ขาดจากค่ามาตรฐานของขนาดที่หินช่วงตรงกลางลงมาแต่มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐาน ได้แก่ หินโรยทางตำแหน่งที่ 3 และตำแหน่งที่ 4 แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของปัจจัยที่ทำให้หินโรยทางเสื่อมสภาพมีค่าปานกลางเมื่อเทียบกับ 3 กลุ่ม โดยเมื่อเปรียบเทียบกันของหินโรยทางของสองตำแหน่งนี้จะเห็นได้ถึงแนวโน้มของการเสื่อมสภาพที่เหมือนกันมาก และหินโรยทาง

กลุ่มที่ 3 คือหินโรยทางที่ขาดคุณสมบัติของการกะขนาดที่ ไม่ได้ โดยเฉพาะในหินขนาดเล็กเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของหินโรยทางมีค่ามากเมื่อเทียบกับ 3 กลุ่ม มีความจำเป็นต้องมีการบำรุงและปรับปรุงรักษาในระดับแรก ได้แก่ หินโรยทางในตำแหน่งที่ 2 แต่ทั้ง 3 กลุ่มนี้มีความเหมือนกันคือ หินขนาด 2.5 นิ้ว ไม่ได้เป็นไปตามมาตรฐานซึ่งอาจ เป็นไปได้ว่าหินสตกที่นำมาใช้งานในการรองรอนั้น คลาดเคลื่อน ไปจากมาตรฐานของการกะขนาดอยู่ก่อนแล้ว

3.2 ผลการทดสอบขีดความขึ้นเหลวของดิน (Atterberg Limits)

จากผลการทดลองของการทดสอบขีดความขึ้นเหลวของดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ปรากฏว่า ในการทดสอบส่วนของการหาค่า Plastic Limit (PL) ค่า Liquid Limit (LL) และค่า Plastic Index (PI) ได้ค่าเป็นดังนี้ คือ

ดินใน ตำแหน่งที่ 1 ไม่สามารถทำการทดสอบหาค่า PL และค่า PI ได้ เนื่องจากมีปริมาณของดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยมากจนไม่เพียงพอต่อการทดสอบแม้ว่าผู้วิจัยจะได้เลื่อนขนาดการผ่านตะแกรงเป็นเบอร์ 50 แต่ก็ไม่สามารถทดสอบในส่วนนี้ได้ เนื่องจากดินดังกล่าวไม่สามารถนำมาขึ้นรูปปฏิบัติให้เป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบได้ซึ่งสรุปได้ว่าดินที่ถู กเพิ่มเข้ามามีสัดส่วนของความเป็น nonplastic เพิ่มขึ้นโดยผลจากการบดละเอียดของหินโรยทางซึ่งเป็นหินที่เป็นหินชนิด nonplastic ส่วนค่า LL ได้ 24.21 ซึ่งทำให้ไม่สามารถสรุปผลในส่วนนี้ของการทดสอบในตำแหน่งที่ 1 ได้

ในตำแหน่งที่ 2 ปรากฏผลการทดลองดังนี้ คือ มีค่า PL เท่ากับ 25.41 มีค่า LL เท่ากับ 42.15 และมีค่า PI เท่ากับ 16.74 สรุปได้ว่าดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ในตำแหน่งที่ 2 เป็นดินตะกอนทรายอนินทรีย์และทรายละเอียดมาก หินฝุ่น ทรายละเอียดปนตะกอนทราย หรือดินเหนียวมีความเหนียวเล็กน้อย (ML) หรืออาจจะเป็นดินตะกอนทรายอนินทรีย์และดินเหนียวปนตะกอนทรายอนินทรีย์ที่มีความเหนียวต่ำ (OL)

ในตำแหน่งที่ 3 ปรากฏผลการทดลองดังนี้ คือ มีค่า PL เท่ากับ 29.72 มีค่า LL เท่ากับ 50.64 และมีค่า PI เท่ากับ 20.92 สรุปได้ว่าดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ในตำแหน่งที่ 3 เป็นดินตะกอนทรายอนินทรีย์และทรายละเอียดหรือตะกอนทรายปนไมก้าหรือดินเบาตะกอนทรายที่ยึดหยุ่น (MH) หรืออาจจะเป็นดินเหนียวอนินทรีย์มีความเหนียวปานกลางถึงสูง ตะกอนทรายอนินทรีย์ (OH)

ในตำแหน่งที่ 4 ปรากฏผลการทดลองดังนี้ คือ มีค่า PL เท่ากับ 25.14 มีค่า LL เท่ากับ 48.28 และมีค่า PI เท่ากับ 23.14 สรุปได้ว่าดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ในตำแหน่งที่ 4 เป็นดินตะกอนทรายอนินทรีย์มีความเหนียวต่ำถึงปานกลาง ดินเหนียวปนกรวด ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนตะกอนทราย ดินเหนียวล้วน (CL)

สุดท้ายคือ ดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ในตำแหน่งที่ 5 ซึ่งเกิดปัญหาเช่นเดียวกับตำแหน่งที่ 1 ดังนั้นจึงสามารถหาค่าของ LL ได้เพียงค่าเดียวซึ่งมีค่า เท่ากับ 22.025 ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะสรุปผลของดินในตำแหน่งที่ 5 ได้

และเมื่อเปรียบเทียบชนิดของดินที่เกิดขึ้นบนตำแหน่งที่ 2 3 และ 4 จะเห็นได้ว่าดินในตำแหน่งนี้ถึงแม้จะอยู่ในระดับความลึกที่ใกล้เคียงกันแต่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน คือ ค่าของ LL ในตำแหน่งที่ 3 มีความเป็นพลาสติกมากกว่าตำแหน่งที่ 2 และ 4 แม้ว่าหินโรยทางที่นำมาใช้ในทางรถไฟจะเป็นหิน แบบ nonplastic ดังนั้นสรุปได้ว่าดินที่ทดสอบนั้นมีส่วนผสมของดินที่มีความเป็น plastic ซึ่งเป็นดินมาจากดินชั้นทางเดิมผสมอยู่ในตัวอย่าง ส่วนในตำแหน่งที่ 2 และ 4 แม้ว่าจะมีดินที่มาจากดินชั้นทางเดิมผสมอยู่ด้วยแต่ก็มีอิทธิพลของดินอย่างอื่นเข้ามาประกอบด้วย ซึ่งดินเหล่านั้นก็มาจากการแตกหักและถูกบดละเอียดของหินโรยทางที่มีความเป็น nonplastic นั่นเอง ซึ่งอิทธิพลของคุณ สมบัติความเป็น nonplastic ที่ได้รับจาก หินโรยทางก็มีค่าแตกต่างกันคือมีมากในตำแหน่งที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบขีดความชันเหลวของดินมีค่าเฉลี่ยคในหินโรยทาง

ตำแหน่ง	ตัวอย่าง	Liquid limit	Plastic limit	Plasticity Index
1	-	24.22	-	-
2	1	41.83	24.94	16.89
	2	37.01	28.02	8.99
	3	45.1	24.31	20.79
	4	44.21	25.06	19.15
	5	42.56	24.72	17.84
3	1	56.95	33.49	23.46
	2	50.08	26.21	23.87
	3	45.68	28.21	17.47
	4	41.09	29.89	11.20
	5	59.34	20.80	38.54
4	1	55.31	29.52	25.79
	2	49.37	25.48	23.89
	3	44.58	22.11	22.47
	4	45.13	25.73	19.40
	5	47.00	22.86	24.14
5	-	22.02	-	-

3.3 ผลการทดสอบ Flat and Elongation

ผลการทดสอบ Percent flat พบว่า ค่าเฉลี่ย Percent flat ที่ตำแหน่งต่างๆ เป็นดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย Percent flat ที่ตำแหน่งต่างๆ

Passing sieve (mm)	Retained sieve (mm)	average percent flat ณ ตำแหน่งที่				
		1	2	3	4	5
50	40	16.47	29.03	18.19	29.03	23.42
40	25	3.70	19.85	4.02	12.85	8.32
25	20	10.31	16.40	7.13	10.96	8.26
20	12.7	3.75	9.28	9.11	12.30	8.42
12.7	9.5	11.81	8.51	11.86	10.97	6.06

จากการทดลองค่าเปอร์เซ็นต์ Flat ที่อัตราส่วนอยู่ในช่วง 1:3-1:2 นั้น ผลปรากฏว่าโดยเฉลี่ยแล้วอัตราส่วนความแบนกับความกว้างของหินในทุกๆตำแหน่งและทุกๆขนาดที่เกิดขึ้นนั้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานของหินโรยทางรถไฟ คือ น้อยกว่า 30 % แต่ ก็ยังมีตัวอย่างบางตัวอย่างที่มีค่าอัตราส่วนความแบนมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน คือ

หินขนาด 40-50 และ 25-40 มม. ซึ่งเป็นหินขนาดใหญ่ในอันดับต้นของขนาดหินโรยทางทั้งหมด โดยหินเหล่านี้ยังไม่ได้เกิดการแตกหักแต่มีค่าความแบนต่อความกว้างสูงกว่ามาตรฐาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหินที่

นำมาใช้ในทางโรยทางรถไฟยังมีกลุ่มหินโรยทางที่ไม่ได้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

ผลการทดสอบ Percent Elongation พบว่า ค่าเฉลี่ย Percent Elongation ที่ตำแหน่งต่างๆ เป็นดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย Percent Elongation ที่ตำแหน่งต่างๆ

Passing sieve (mm)	Retained sieve (mm)	Average Percent Elongation ณ ตำแหน่งที่				
		1	2	3	4	5
50	40	0.0	1.98	2.44	1.79	1.98
40	25	34.84	17.52	9.38	24.23	13.53
25	20	28.25	18.27	16.23	22.81	20.98
20	12.7	31.06	26.13	26.94	15.33	42.77
12.7	9.5	31.03	22.31	17.96	19.15	21.51

จากการทดลองค่าเปอร์เซ็นต์ Elongation ที่อัตราส่วนในช่วง 1:3-1:2 ผลปรากฏว่ามีความแตกต่างกันโดยสามารถแยกออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 ตำแหน่งที่ 1 ผลปรากฏว่า เปอร์เซ็นต์อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวนั้นส่วนใหญ่แล้วจะไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานซึ่งกำหนดไว้ 30 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหินโรยทางในตำแหน่งนี้ขาดคุณสมบัติของสัดส่วนของขนาดที่ตรงตามความต้องการของมาตรฐาน

กลุ่มที่ 2 ตำแหน่งที่ 2 ผลปรากฏว่าโดยเฉลี่ยแล้วหินโรยทางในตำแหน่งนี้มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือมีค่าต่ำกว่า 30 % แต่ก็ยังพบตัวอย่างที่มีเปอร์เซ็นต์อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวสูงกว่ามาตรฐาน โดยพบในเกือบทุกๆขนาดนั้น แสดงให้เห็นว่าหินโรยทางที่ผ่านการใช้งาน หรือ เมื่อมีการรับแรงแล้ว จะเกิดการแตกหักที่ให้อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวเพิ่มขึ้น ซึ่งในตำแหน่งที่ 2 ได้รับอิทธิพลของการถ่ายแรงมากที่สุดเมื่อเทียบกับตำแหน่งอื่นๆ

กลุ่มที่ 3 ตำแหน่งที่ 3,4 และ 5 ผลปรากฏว่าหินโรยทางในตำแหน่งเหล่านี้โดยเฉลี่ยแล้วมีเปอร์เซ็นต์อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือมีค่าต่ำกว่า 30 % แต่ก็ยังพบตัวอย่างของหินโรยทางที่มีค่าอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวไม่ผ่านเกณฑ์ ซึ่งส่วนใหญ่อะจะเป็นหินโรยทางขนาดใหญ่ คือ ตั้งแต่ 20 มม. ขึ้นไป ซึ่งเกิดการแตกหักต่ำ ดังนั้นสรุปได้ว่าหินที่นำมาใช้ในการโรยทางรถไฟยังมีส่วนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของอัตราส่วนความกว้างต่อความยาว

4. บทสรุป

หินโรยทางเมื่อผ่านการใช้งานแล้วมีการสึกหรอแตกออกเป็นเม็ดหินที่มีขนาดเล็กจนถึงขนาดดินเม็ดละเอียด โดยที่ตำแหน่งได้หมอนแนวได้รางรถไฟมีการเปลี่ยนแปลงของการคละขนาดมากที่สุดคือพบว่ามีส่วนที่เป็นดินเม็ดละเอียดในเปอร์เซ็นต์ที่มากอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งอื่นๆซึ่งพบว่าดินเม็ดละเอียดปะปนบ้างเล็กน้อยและหากเปรียบเทียบกับมาตรฐานการคละขนาดของหินโรยทางซึ่งกำหนดว่าไม่มีดินเม็ดละเอียดในหินโรยทาง ส่วนดินเม็ดละเอียดที่ปะปนในหินโรยทางที่ตำแหน่งได้หมอน(ตำแหน่งที่ 3,4) ถูกพบว่ามีความชื้นเหลวในระดับ High Plasticity ซึ่งให้เห็นว่าหินโรยทางที่อยู่ระดับได้หมอนมีการปนเปื้อนของเม็ดดินเหนียวซึ่งน่าจะมาจากดินถมคันทางรถไฟที่อยู่ใต้หินโรยทางเคลื่อนตัวเข้าผสมในช่องว่างระหว่างเม็ดหินโรยทาง แต่ที่ตำแหน่งได้รางรถไฟ(ตำแหน่งที่ 2)พบว่าดินเม็ดละเอียดมีความชื้นเหลวในระดับ Low Plasticity แสดงว่ามีส่วนละเอียดจากการสึกหรอของหินโรยทางผสมกับเม็ดดินเหนียวของดินคันทางซึ่งสอดคล้องกับการค้นพบว่าเปอร์เซ็นต์ของดินเม็ดละเอียด ในหินโรยทาง ที่ตำแหน่งนี้มีมากกว่าตำแหน่งอื่นๆ และหินโรยทางที่อยู่ในตำแหน่งระดับได้หมอนมีแนวโน้มที่มี percent elongation น้อยกว่าหินโรยทางที่ตำแหน่งด้านบนและด้านข้างของหมอนรถไฟ

งานวิจัยนี้ ทำให้ทราบการคละขนาดของหินโรยทาง และสัดส่วนรูปร่างของเม็ดหินหลังจากผ่านการใช้งาน มาแล้วซึ่งเป็นประโยชน์ในการพิจารณาใช้หินโรยทางเดิมในการรองรับน้ำหนักจากหมอนรถไฟและการนำหินโรยทางกลับมาใช้ใหม่ด้วยการล้างทำความสะอาดและปรับขนาดคละ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยโครงการและการฝึกอบรมความรู้เกี่ยวกับระบบราง ขอขอบคุณฝ่ายการช่างโยธา การรถไฟแห่งประเทศไทย ที่ให้ข้อมูลและตัวอย่างหินโรยทางประกอบในการทำวิจัย และขอขอบคุณความร่วมมือในการดำเนินงานวิจัยจากหน่วยปฏิบัติการวิจัยการจัดการโครงสร้างพื้นฐาน ภายใต้การสนับสนุนของกองทุนรัชดาภิเษก

เอกสารอ้างอิง

- [1] นคร จันทศร . “ก้านีครดไฟ.”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaimrr.com/thaimrr2/index.php/thaimrr-article/106-2012-03-12-08-24-18>. สืบค้น 25 มกราคม 2557
- [2] การรถไฟแห่งประเทศไทย. “เทคนิคการก่อสร้างทางรถไฟ”.
- [3] การรถไฟแห่งประเทศไทย. “โครงสร้างทางรถไฟ”. เอกสารภายใต้โครงการปรับปรุงศูนย์ฝึกอบรมการรถไฟแห่งประเทศไทย
- [4] American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Sive Analysis of Fine and Coarse Aggregates. ASTM 136-6. Pennsylvania, 2006.
- [5] American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Liquid limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of soils. ASTM D 4318-05., Pennsylvania, 2005.
- [6] American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Flat Particles, Elongate Particles, or Flat and Elongate Particles in Coarse Aggregate. ASTM D 4791-10. Pennsylvania, 2005.