เอกสารอ้างอิง

1. Bunnag,S., et al. " Pavement Surfaces Charactoristics and Their Skid Resistance Values." In Proceeding of the First Conference of the Road Engineering Association of Asia and Australia. Vol. 1, pp. 64-78. Bangkok. United Production, 1975.

2. Sukawan,Chawalit, and Chaichotechuang,Sant. Polished Stone Values of Road Surface Aggregates in Thailand. Report No. MR. 25. Bangkok: Department of Highway, 1976.

3. ทางหลวง, กรม. กองวิเคราะห์วิจัย. วิธีการทดลองวัสดุก่อสร้าง. 2 เล่ม. เล่มที่ 1. กรุงเทพ: กรมทางหลวง, 2517.

4. ทางหลวง, กรม. กองวิเคราะห์วิจัย. วิธีการทดลองวัสดุก่อสร้าง.2เล่ม. เล่มที่ 2 กรุงเทพ: กรมทางหลวง. 2519.

5. British Standard Institution. Method for Sampling and Testing of Mineral Aggregates, Sand and Fillers. BS. 812. London: British Standard Institution, 1970.

6. Csathy,T.I.A Study of Skid Resistance of Pavement Surfaces. Report No. 32. Ontario: Department of Highway, 1963.

7. Giles,C.G., and Sabey,B.E. "Friction Between Tire and Road: Rubber Hysteresis and Skidding Resistance." Engineering 186. (1956): 840-842.

8. Allbert,B.J.,and Walker,J.C. "Tire to Wet Road Friction at High Speeds." In The Institution of Mechanical Engineers Proceeding 180.Part 2 A.No.4.(1965-1966):105-121.

9. Sabey,B.E. "Road Surface Charactoristics and Skidding Resistance." British Granite Whinstone Federation.Vol 6. No. 1(1966): 31-41.

10. Ariano, Raffaele. "Road Slipperiness". In Proceeding of the First International Skid Prevention Conference. pp.569-572. Charlottesville: Virginia Council of Highway Investigation and Research. 1958.

11. Horne,W.B. "Tire Hydroplaning and Its Effect on Tire Traction." Highway Research Record.No.214.(1968): 24-33.

12. Giles,C.G., Sabey,B.E.,and Cardew,H.H.F. Development and Performance of the Portable Skid Resistance Tester. Road Research Technical Paper No.66. London : Her Majesty Station Office, 1964.

13. Giles,C.G., and Sabey,B.E. "A Note on the Problem of Seasonal Variation in Skidding Resistance." In Proceeding of the First International Skid Prevention Conference. pp. 563-568. Charlottesville: Virginia Council of Highway Investigation and research. 1958.

14. Michael, Harold L. " Effect of Pavement Type and Composition on Slipperiness. A Summary of Research in Indiana." In Proceeding of the First International Skid Prevention Conference. pp. 485-487. Charlottesville: Virginia Council of Highway Investigation and Research, 1958.

15. Burnett,W.C., Gibson,J.L.,and Keamey,E.J. "Skid Resistance of Bituminous Surfaces." Highway Research Record. No.236, (1968): 49-60.

16. Maclean,D.J.,and Shergold,F.A. The Polishing of the Roadstone in Relation to the Resistance to Skidding of Bituminous Road Surfacings. Road Research Technical Paper No. 43, London: Her Majesty Station Office, 1968.

17. Szathowski,W.S.,and Hosking,J.R. The Effect of Traffic and Aggregate on the Skidding Resistance of Bituminous Surfacings. TRRL Report LR 504, Crowthorne: Transport and Road Research Laboratory, 1972.

18. Hymen Tsvi Ing. A Road Friction Surface and Study of Skidding Accident in Israel. Publication No. 73/9. Road Safety Center, Ministry of Transport, State of Israel, 1973.

19. Ministry of Transport. Polished Stone Value of Aggregate for Bituminous Wearing Course and Surface Dressing. MOT Technical Memorandum No. T 2/67, London: Ministry of Transport, 1967.

20. James,J.G. Calcined Bauxite and Other Artificial Polish Resistance Roadstones. TRRL Report LR 84. Crownthorne: Transport and Road Research Laboratory, 1973.

21. Hosking,J.R. and Tubey,L.W.Experiment Production of Calcined Bauxite for Use as Road Aggregate. TRRL Report LR 588. Crownthorne: Transport and Road Research Laboratory, 1973.

22. Hosking,J.R. Sythetic Aggregates of High Resistance to Polishing: Part 1- Gritty Aggregate. RRl Report LR 350. Crownthorne: Road Research Laboratory, 1970.

23. Hosking,J.R. Synthetic Aggregates of High Resistance to Polishing: Part 3- Pourous Aggregate. TRRL Report LR 655. Crownthorne: Transport and Road Research Laboratory, 1974.

24. Hosking,J.R., and Jacob,F.A. Synthetic Aggregate of High Resistance to Polishing: Part 4- Special Shape Chipping. TRRL Report LR 656. Crownthorne: Transport and Road Research Laboratory, 1974.

25. Hosking,J.R. Aggregate for Skid Resistance Road. TRRL Report LR 693. Crownthorne: Transport and Road Research Laboratory, 1976.

26. Stutzenberger,William J." A Study of the Polishing Charactoristics of Limestone and sandstone aggregate in Regard to Pavement Slipperiness." Highway Research Board Bulletin 186. (1958): 58-81.

27. Gray,J.E.,and Renninger,E.A. " The Skid Resistance Properties of Carbonate Aggregates." Highway Research Record 120. (1965): 18-32.

28. Shupe,J.W.,and Lounsbury,R.W. " Polishing Charactoristics of Mineral Aggregates." In Proceeding of the First International Skid Prevention Conference. pp.509-537 Charlottesvilles: Virginia Council of Highway Investigation and Research. 1958.

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

29. Shupe,J.W.,and Goetz,W.H. " A Laboratory Investigation of Pavement Slipperiness" Highway Research Board Bulletin219. (1959): 56-73.

30. Kroeyer, Karl K.K. " Devitrified Glass as Road Material for Road and Construction Purpose." Chemical Abstract 58 (May 13 1963): 9940.

31. Parker,T.W. and Ryder,J.F."Investigation on Falling Blastfurnace Slag." Journal of Iron Steel Investigation 127(1942): 146.

32. Lee,A.R. Blastfurnace and Steel Slag, Production Properties and Uses. London: William Clowes & Son, 1974.

33. Wilson, D.S. An Experiment Comparing the Performance of Roadstone in Surface Dressing. RRL Report LR 46. Crownthorne: Road Research Laboratory,1966.

34. Brown,J.R. An Experiment Comparing the Performance of Roadstone Used in Rolled Asphalt. RRL Report LR 63. Crownthorne: Road Research Laboratory, 1967.

35. National Research Development Corporation."Improvement in and Relation to the Heat Treatment of Slag.British Patent 308:457.

36. Clew, F.H. Heavy Clay Technology. 2nd.edition. London: Academic Press,1969.

37. Norton,F.H. Refractories. 4th. edition. New York: Mc Graw-Hill, 1968.

38. Grim,Ralph E. Applied Clay Mineralogy. New York: Mc Graw-Hill, 1962.

39. Dana,D.J. and Hurlbert Jr.,C.S. Manual of Mineralogy. 14th. edition. New York: John Wiley & Son, 1952.

40. Alexander,J. Colloidal Chemistry. 4th. edition. New York: D. Van Nostrand. 1937.

41. Preece,E.F. "Geotechnic and Geotechnical Research." Proceeding of Highway Research Board 27.(1947): 384-417.

42. Douglas, J.F."Adhesion Between Binder and Aggregates." Journal of the Institution of Civil Engineers. No. 3. (Jan 1947): 292.

43. Bikerman, J.J. "Science of adhesive Joint" In Adhesion and Cohesion. (edited by P. Weiss.) New York: Elsvier Publishing, 1962.

44. Zisman, W.A. "Influence of Constitution on Adhesion." Industrial and Engineering Chemistry Vol 55, No. 10.(Oct1963):18-38.

45. Tyler,O.R. Adhesion of Bituminous Film to Aggregates. Bulletin No. 62. Engineering Experiment Station. Purdue University, 1938.

46. Csathy, T.I. Skidding and Skid Resistance Report No. 46. Ontario: Department of Highway, 1964.

47. Goodwin, W.A. Proceeding of the 12th. Annual Symposium on Geology as Applied to Highway Engineering. pp.8-18,Bulletin No.24. Knoxville: University of Tennessee,1961.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า ถพ.ปรากฏ ถพ.รวม และการดูดซึมน้ำ

ตัวอย่างเม็ดดินปทุมธานีผสมทราย เผาที่ 1000°C

นน.เม็ดดินอบแห้ง (W1) = 94.6 กรัม

นน.เม็ดดินอิ่มน้ำ (W2) = 105.9 "

นน.เม็ดดิน + ขวด + น้ำ ถึงขีดกำหนด = 732.4 "

นน.ขวด + น้ำ ถึงขีดกำหนด = 675.1 "

อุณหภูมิของน้ำในขวด = 35 °C

ถพ.ของน้ำที่ 35°C = 0.9941

ถพ.ปรากฏ (Wa) $= \frac{W1 \times Gw}{W1 - W3 + W4}$

$= \frac{94.6 \times .9941}{94.6-732.4+675.1}$

$= 2.521$

ถพ.รวม (Gb) $= \frac{W1 \times Gw}{W2 - W3 + W4}$

$= \frac{94.6 \times .9941}{105.9-732.4+675.1}$

$= 1.935$

การดูดซึมน้ำ (Wa) $= \frac{(W2 - W1) \times 100}{W1}$ %

$= \frac{(105.9-94.6)\times100}{94.6}$ %

$= 11.94$ %

สำหรับเม็ดดินผสมทรายที่ยังไม่เผา ใช้น้ำมันก๊าดแทนน้ำ (ถพ.ของน้ำมันก๊าด Gk = 0.7748)

การดูดซึมน้ำ (Wa) $= \frac{(W2 - W1) \times 100}{W1 \times Gk}$ %

$= \frac{(108.0-100.3)\ 100}{100.3 \times .7748}$ %

$= 9.91$ %

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าความสึกหรอของมวลรวม

ตัวอย่างเม็ดกินปทุมธานีผสมทราย เผาที่ 1000 °C

นน.ตัวอย่างก่อนเข้าเครื่อง (W1) = 5000 กรัม

นน.ตัวอย่างค้างบนตะแกรง (W2) = 3270 "

$$AAV = \frac{(W1 - W2) \times 100}{W1} \%$$

$$= \frac{(5000-3270)\times100}{5000} \%$$

$$= 34.6 \%$$

ตัวอย่างการคำนวณการแปลงค่า PSV ที่ t°C เป็นค่า PSV ที่ 20°C

ตัวอย่างเม็ดกินปทุมธานีผสมทราย เผาที่ 1000 °C

อุณหภูมิห้อง = 28 °C

ค่า PSV เฉลี่ย ก่อนขัด = 63

หลังขัด = 51

จากสูตร $C_{20} = \frac{(100 + t)\times Ct}{120}$

ก่อนขัด $= \frac{(100 + 28)\times63}{120}$

$= 67.2$ ปัดเป็น 67

หลังขัด $= \frac{(100 + 28)\times51}{120}$

$= 54.4$ ปัดเป็น 54

ภาคผนวก ข.

ตะกรันเตาถลุง (Blastfurnace slag)

ตะกรันเตาถลุงคือโลหะซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการถลุงโลหะจากแร่โลหะ ตะกรันเตาถลุงของเหล็กประกอบด้วยซิลิเกท และอลูมินาซิลิเกทของปูนและเบสอย่างอื่น เกิดพร้อมกับเนื้อเหล็กในตะกรันเตาถลุง ปฏิกิริยาในเตาเกิดที่อุณหภูมิสูง ประมาณ 1300-1600 °C โดยการเผาถ่านโค้กป้อนเข้าเตา พร้อมหินปูนและโดโลไมท์ ซึ่งเป็น Fluxing stone เมื่ออากาศร้อนถูกเป่าเข้าไป ออกซิเจนจะรวมกับคาร์บอนโมนอกไซด์ แร่เหล็กถูกรีดิวซ์โดยคาร์บอนโมนอกไซด์เป็นเหล็กและคาร์บอนไดออกไซด์ Fluxing stone จะสลายกลายเป็นแคลเซียมและแมกนีเซียมออกไซด์ รวมกับซิลิกาและอลูมินาของแร่เหล็กเป็นตะกรัน รวมกันอยู่ในรูปหลอมละลาย ลอยเหนือเหล็ก Fluxing stone มีหน้าที่สำคัญอีกประการคือ รวมกับกำมะถัน ซึ่งมาจากถ่านโค้ก กำมะถันจะให้มีในเหล็กได้ในปริมาณที่ต่ำมาก

ชนิดของตะกรันเตาถลุง

ตะกรันเตาถลุงแบ่งตามวิธีการผลิตเป็น 3 แบบ คือ

1. ตะกรันแบบปล่อยเย็นในอากาศ (Air cooled slag) เมื่อตะกรันถูกปล่อยให้เย็นในรถส่งหรือในบ่อ จะมีโครงสร้างคล้ายหินอัคนี เมื่อปล่อยให้แข็งแต่ยังร้อน จะใช้น้ำฉีดเพื่อให้เกิดรอยแตกร้าว เพื่อสะดวกในการส่งเข้าโม่ ตะกรันชนิดนี้นำมาใช้ทำถนนและมวลรวมคอนกรีต

2. ตะกรันฟอง (Foam or expanded slag) ถ้าน้ำถูกฉีดไปยังตะกรันขณะที่หลอมละลายในปริมาณจำกัด เช่นฉีดในขณะที่เทจากรถส่ง จะเกิดก๊าซและไอน้ำทำให้ขยายตัว มีน้ำหนักเบา เหมาะสำหรับนำไปทำเป็นมวลรวมน้ำหนักเบา

3. ตะกรันเม็ด (Granulated slag) เมื่อฉีดน้ำปริมาณมากและกำลังดันสูงไปยังตะกรันที่หลอมละลาย ตะกรันจะเย็นตัวอย่างรวดเร็ว ไม่มีเวลารวมตัวกันเป็นผลึก จะแข็งตัวเป็นเม็ดเล็กคล้ายแก้ว

ตะกรันเตาหลอม (Steel slag)

ตะกรันเตาหลอมเป็นผลพลอยได้จากการผลิตเหล็กกล้า โดยการนำคาร์บอนและซิลิกอนส่วนเกินออกโดยวิธีออกซิเดชั่น และเติมส่วนผสมอื่นที่จำเป็นในการให้คุณสมบัติพิเศษของเหล็กกล้า หินปูนและโดโลไมท์ซึ่งใช้เป็น Fluxing stone จะรวมกับส่วนที่ถูกออกซิไดซ์เป็นตะกรันเตาหลอม

ประวัติผู้เขียน

นายปรีชา ไกรสิริเดช เกิดวันที่ 8 กรกฎาคม 2491 ที่กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2514 ขณะนี้รับราชการที่ กองควบคุมอาคาร สำนักการกรุงเทพมหานคร