

Review on Compaction Method and Voidage Determination of Porous Drainage Pavement

Dongmin Wang

Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: Porous drainage pavement has been widely used in foreign countries for its remarkable water permeability, noise reduction and good skid resistance, which can effectively reduce the safety problems caused by road noise and ponding. This paper summarizes the development of porous drainage pavement at home and abroad and the main advantages of performance. The forming method of porous asphalt mixture and the determination method of void ratio are described.

Keywords: Porous asphalt mixture; Drainage pavement; Compaction method; Void ratio

多孔排水路面击实方法与空隙率确定研究综述

王东敏

重庆交通大学, 重庆, 中国, 413000

摘要: 多孔排水性路面显著的透水、降噪功能和良好的抗滑性能在国外得到了广泛应用, 能有效减轻路面噪音与积水带来安全性问题。文章综述了多孔排水性路面国内外发展现状以及性能的主要优点。阐述了多孔沥青混合料的成型方式以及空隙率的确定方法。

关键词: 多孔沥青混合料; 排水路面; 击实方法; 空隙率

多孔沥青混合料(Porous Asphalt Concrete, 简称 PAC)是一种具有相互连通空隙, 空隙率在 18% 以上的开级配沥青混合料, 以其显著的透水、降噪功能和良好的抗滑性能在国外得到了广泛应用^{[1][2]}。多孔沥青混合料形占比大的粗集料与少量细集料组成了典型的骨架-空隙结构, 这种结构是粗集料承担主要的受力, 骨料间的空隙有着排水的作用。

1 多孔沥青路面研究和发展

排水路面起源于 20 世纪 70 年代的欧洲, 研究初衷是为了解决传统沥青路面雨天路表易积水, 易产生水漂和滑溜以及产生大量水雾的缺点, 提高行车的安全性。与此同时, 美国联邦公路局 (FHWA) 研究开发了开级配抗滑磨损层 (OGFC), 其一般空隙率约 15% 左右, 使用粗集料级配, 铺装厚度多数为 19mm 左右, 空隙率约为 12%-15%, 从 1998 年起乔治亚州在所有州际公路铺装中使用了排水沥青路面。1987 年, 日本在上世纪 80 年代学习引进欧洲的技术, 与欧洲的技术基本相同, 但由于高温等气候条件比欧洲不利, 研发了针对性的高粘度改性沥青。1996 年日本做出一个全部高速公路的铺装必须采用排水性路面的决

定。

我国高速公路中, 累计到 2018 年通车里程达 14 万公里, 在高速公路的路面形式中, 沥青路面所占比重高达 85% 以上, 路面在 2-3 年内就会发生破坏, 有研究发现沥青路面早期的损坏主要是水损害^[3]。排水沥青路面是一种开级配多孔隙的沥青混合料路面, 其孔隙率一般可达到 18%-25%, 大空隙能快速将流入路面的雨水通过其结构内部的连通孔隙排出, 所以排水沥青路面可以用来解决长期以来路面所面临的水损害问题。2003 年第一条排水沥青路面在中国建成, 随后的十年里面, 获得显著成效^[4]。

2 排水路面性能特点

排水沥青路面因其沥青矿粉用量少、空隙率高、构造深度大, 具有以下主要优点:

2.1 舒适性

因为排水沥青路面具有独特的多孔路面构造, 不仅能够吸收车辆高速行驶引起的噪声, 同时由于轮胎与路面的接触面减小, 附着噪声也会降低。由于具有较大空隙率, 因而具有很好的表面抗滑性能和平整

度, 行车舒适程度高。

2.2 安全性

排水沥青路面是一种摩擦系数大、颗粒间的空隙连通的一种构造, 路表雨水能够及时被排干, 消除给行车带来不利的路表水膜^[5], 同时车轮引起的水雾也会大大减少, 相比于普通路面来说是比较“干燥”的, 能从缩短刹车距离和提高能见度两方面来提高行车安全性^[6], 提高了雨天行车的安全性, 从而减少雨天交通事故的发生。排水沥青路面与普通路面相比, 能够减少追尾、撞车、刮擦等事故的发生, 安全性提高了 33% 以上^[7]。试验观测表明, 排水路面能减少雨天行车 80% 左右的事故发生率, 安全效果与晴天相当, 因而称之为超级路面。

2.3 耐久性

开级配沥青混合料为骨架空隙结构, 主要是大颗粒粗集料受互相嵌挤之力, 高温时受沥青结合料的影响小可以减小车辙变形, 变形的减少能够提高混合料的耐久性。在充分考虑到排水性的前提下孔隙率越小的混合料耐久性越高^[8]。

2.4 降低噪声

因为排水性沥青路面是一种颗粒均匀而级配比较粗的宏观结构, 这种结构的路面发生漫反射效应, 不但明显的降低了行车噪声, 改善行车噪声对环境的污染, 还有路面面层内部的内空隙也大部分互相连通, 同时空气压缩爆破产生的噪声也大大降低了。相关文献指出, 排水沥青路面对噪音方面的环境污染与普通沥青相比可以减少 3 分贝^[9]。

2.5 经济性

排水路面与沥青玛脂碎石混合料和密集配沥青混合料路面相比, 按组成来说因其粗集料所占比例通常能够达到 80% 以上, 沥青用量、矿粉用量都较少, 所以造价和施工成本都较低廉。

3 多孔沥青混合料成型方式

混合料压实成型方式选择能够决定模拟实际施工碾压程度, 目前沥青混合料的成型方式有以下几种:

3.1 马歇尔击实法

我国沥青混合料试验一般采用马歇尔方法成型沥

青混合料^[10]。主要靠垂直下落的击实仪使得混合料相互挤压压实, 通过控制击实次数 50 次、75 次来控制压实功的大小。

目前运用得最广泛, 但是实验室马歇尔击实成型方式不能模拟实际施工时压路机的水平剪切作用, 与施工现场路面压实成型存在着较大的差异。

3.2 旋转压实法

Superpave 旋转压实仪是一种在设定的压力、压实角等参数下, 通过搓揉作用将沥青混合料成型。这种方法可以模拟现场实际路面施工压实机械及后期开放交通时的碾压, 能够比较大程度的在模拟对沥青混合料的移动、重排、定向作用。

多孔沥青排水路面空隙比较大, 集料在行车荷载作用下更加容易被压碎从而使级配变细空隙率减小影响排水效果。比较符合道路施工中沥青混合料的铺筑成型过程。

4 空隙率的计算

多孔沥青混合料的渗水性能与空隙率相关密切, 目前渗水性主要通过控制混合料空隙率来达到。由于多孔排水混合料大孔隙的特点, 表干法与蜡封法不能用于测试空隙率大的沥青混合料毛体积密度, 目前常用有体积法、计算法。

4.1 计算法

对于多孔沥青混合料空隙率是通过计算得到的, 试验测得每档集料的表观相对密度再根据集料的配合比, 根据成型试件的体积以及质量计算空隙率。

圆柱形试件毛体积:

$$V = \frac{\rho \times d^2}{4} \times h \quad (1)$$

式中: V-试件毛体积 (cm³);

d-试件直径 (cm);

h-试件高度 (cm)

$$r_s = \frac{m_a}{V} \quad (2)$$

ρ_s -试件毛体积密度(g/cm³);

m_a -干燥试件质量 (g);

$$r_s = \frac{p_s}{0.9971} \quad (3)$$

γ_s -体积法试件毛体积相对密度;

$$VV = (1 - \frac{r_f}{rt}) \times 100 \quad (4)$$

VV-沥青混合料试件空隙率 (%) ;
 γ f-试件毛体积相对密度;
 γ t-沥青混合料理论最大相对密度。

$$r_i = \frac{100 + P_a + P_x}{100} \quad (5)$$

$$r_{se} + \frac{P_a}{r_b} + \frac{P_x}{r_x}$$

Pa-油石比 (%) ;
 Px-纤维用量 (%) ;
 γ b-沥青相对密度;
 γ x-纤维相对密度;
 γ se-合成矿料有效相对密度。

$$r_{se} = C \times r_{sa} + (1 - C) \times r_{sb} \quad (6)$$

$$C = 0.033w_x^2 - 0.2936w_x + 0.9339 \quad (7)$$

$$w_x = (\frac{1}{r_{sb}} - \frac{1}{r_{sa}}) \times 100 \quad (8)$$

C-沥青吸收系数;
 ω x- 合成矿料吸水率 (%) 。

$$r_{sb} = \frac{100}{\frac{P_1}{r_1} + \frac{P_2}{r_2} + \dots + \frac{P_n}{r_n}} \quad (9)$$

γ sb-矿料的合成毛体积相对密度;
 P1、P2...Pn-各种矿料占矿料总质量的百分比 (%) ;
 γ 1、γ 2... γ n-各种矿料的相对密度。

$$r_{sa} = \frac{100}{\frac{P_1}{r_1'} + \frac{P_2}{r_2'} + \dots + \frac{P_n}{r_n'}} \quad (10)$$

γ sa-矿料的合成表观相对密度;
 g₁'、g₂'...g_n'-各种矿料的表观相对密度。

4.2 真空法

大量学者通过试验普遍认为真空法测定的最大理论密度更加贴近实际情况。但是在试验中，要求混合料拌和得比较均匀否则会影响实际测定的值。

5 结语

多孔排水沥青路面有舒适性、安全性、耐久性、低噪声等优点。对于空隙率较大的排水路面成型方式采用 SGC 旋转压实能够更好的模拟路面的压实过程，空隙率可以采用计算法来确定。

References (参考文献)

- [1] Han Teong A/L ENG. Evaluating Rutting on Porous Asphalt Mixescomparison Between Marshall and Superpave Method in Terms of Volumetric Properties. Malaise:University Technology Malaysia,2007.
- [2] Bendtsen H. Noise Reduction by Drainage Asphalt. Nordic Road & Transport Research,1997(1):6-8.
- [3] 刘洋.沥青路面水损害机理分析及对策研究. [博士学位论文]. 济南:山东大学,2014.
- [4] 陈泽孔. 多车道排水沥青路面排水性能实验研究 [硕士学位论文].重庆: 重庆交通大学.2016:1-80.
- [5] Dreelin E A, Fowler L, Carroll CR. A test of porous pavement effectiveness on clay soils during natural storm events. Water Research, 2006, 40(4), 799-805.
- [6] 魏莘欣,陈华鑫,夏慧芸.降雨量对排水沥青路面交通安全的影响[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2016, 3(1), 13-18.
- [7] 交通运输部公路科学研究院. 公路工程沥青及沥青混合料试验规程. 北京:人民交通出版社, 2011
- [8] 马翔,倪富健,李强. 排水面层渗流模型及参数[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2014, 44(2), 381-385.
- [9] Eckart, Kyle; McPhee, Zach; Bolisetti, Tirupati. Performance and implementation of low impact development - A review. Science of the total environment, dec 31 2017, (607), 413-432
- [10] JTG E20-2011 公路沥青及沥青混合料试验规程.