

SHUINIWENDINGSUISHI
JICENGSHIGONGXINJISHU

水泥稳定碎石 基层施工新技术

张红春 李小重 侯建军◎编著

张 锋 汪 洋 韩存杰◎审



中国科学技术出版社

水泥稳定碎石基层施工新技术

张红春 李小重 侯建军 编著

张 锋 汪 洋 韩存杰 审

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

水泥稳定碎石基层施工新技术/张红春, 李小重, 侯建军编著.

—北京: 中国科学技术出版社, 2007. 12

ISBN 978 - 7 - 5046 - 4832 - 7

I. 水… II. ①张…②李…③侯… III. 碎石 - 路面基层 - 道路工程 - 施工技术 IV. U416.214

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 170607 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志, 未贴防伪标志的为盗版图书。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010 - 62103210 传真: 010 - 62183872

[http: //www. kjpbooks. com. cn](http://www.kjpbooks.com.cn)

责任编辑 张晓林

责任校对 韩 玲

责任印制 李春利

北京玥实印刷有限公司印刷

*

开本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16 印张: 16.25 插页: 1 字数: 430 千字

2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷

定价: 56.00 元

ISBN 978 - 7 - 5046 - 4832 - 7/U · 58



悬浮结构水泥稳定碎石基层芯样剖面



骨架密实结构水泥稳定碎石基层芯样剖面



悬浮结构水泥稳定碎石基层表面



骨架密实结构水泥稳定碎石基层表面



骨架密实结构水泥稳定碎石基层芯样



分层施工取芯照片



全厚式施工取芯照片



分层施工取芯照片



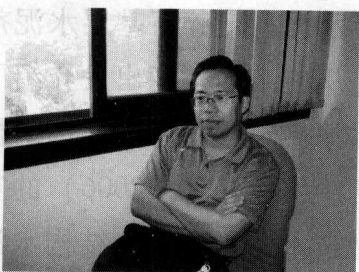
全厚式施工取芯照片

内 容 提 要

本书介绍了水泥稳定碎石混合料成型方式、水泥稳定碎石基层级配的选择及施工中配合比的调整方法、水泥稳定碎石基层水泥剂量的确定和水泥稳定碎石基层施工技术,从施工的角度出发介绍了水泥稳定碎石基层施工石料质量控制、水泥稳定碎石基层摊铺离析研究。为了配合《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)的实施,对水泥稳定碎石基层混合料振动成型技术和骨架密实结构水泥稳定碎石基层的特点进行了详细的介绍,并提出了骨架密实结构水泥稳定碎石基层的强度形成规律、裂缝开裂规律和抗裂机理。针对振动成型骨架密实水泥稳定碎石基层的性能、特点,作者根据多年的施工和管理经验,总结出了与振动成型骨架密实水泥稳定碎石基层配套的施工技术和水泥稳定碎石基层组合式碾压技术。基于水泥稳定碎石基层双机分层施工的诸多弊端,作者系统地总结了水泥稳定碎石基层全厚式施工技术,同时简要介绍了配套的施工机械和施工工艺。

本书可供从事公路工程建设的技术人员使用,亦可供高校相关专业的师生参考学习。

作者简介



张红春 男，1968 年出生，河南省扶沟县人，长安大学国家统招博士研究生，研究方向为“路面结构与材料”。

担任河南岭南高速公路有限公司工程技术处处长，曾任河南濮安高速公路有限责任公司工程技术处处长。

作者先后参与了大广线濮阳段高速公路和岭南高速公路的建设管理。大广线濮阳段高速公路是河南省政府、省交通厅指定的降低路基高度和在 28m 宽的路基上布设双向六车道（简称“高改低”、“四改六”）的试点、示范单位，作者参与了设计和施工的全过程。大广线濮阳段高速公路和岭南高速公路全线推广应用了骨架密实水泥稳定碎石基层振动成型抗裂技术和 GTM 法设计沥青混合料。大广线濮阳段高速公路水泥稳定碎石基层越冬后裂缝最大间距 516m；岭南高速公路水泥稳定碎石基层越冬后裂缝最大间距超过了 3km。岭南高速公路在国内首次使用了振动成型骨架密实水泥稳定碎石基层全厚式施工技术。

作者根据多年的施工管理经验，提出了骨架密实水泥稳定碎石基层的强度形成规律、裂缝开裂规律和抗裂机理，并在大广线濮阳段高速公路和岭南高速公路推广使用了沥青混凝土面层和水泥稳定碎石基层组合式碾压新技术。

作者著有《平原区高速公路新技术应用和管理实践》一书，在国内外刊物发表论文十余篇。

前言

在我国已建成和在建的高速公路中，半刚性基层沥青路面占了很大的比重，而半刚性基层又以水泥稳定碎石基层为主导，所以可以毫不夸张地讲，我国高速公路的发展史就是半刚性基层的发展史。前几年由于受规范的限制和对规范理解上的偏差，大家盲目追求半刚性基层高强度、高模量，同时为追求取芯的过分完整和密实，拼命加大水泥剂量、增加细料含量，造成以悬浮结构、重型击实成型为主的水泥稳定碎石基层裂缝严重，进而反射到面层（图1）。大家都知道裂缝危害深重，但由于规范中验收时没有对裂缝进行评价，因而对此也无可奈何。



图1 半刚性基层的裂缝反射到面层

近几年，我国的高速公路早期破坏呈现以车辙为主，以至于人们对车辙谈之色变，而忽视了对裂缝的控制。其实高速公路的裂缝危害较之车辙更可怕，车辙仅发生于沥青面层，为功能性破坏；而裂缝主要是由基层引起，进而反射到面层，属结构性破坏。发生车辙可以通过微表处、加铺表面层等方案处理，但如果发生大面积裂缝破坏，维修起来较困难。我国已通车及在建的高速公路90%以上都是采用悬浮结构、高强度、高模量、高水泥剂量的半刚性基层，由于车辙破坏在目前是首要问题，人们无暇顾及裂缝问题。若干年后，待车辙问题被治理或有效控制后，裂缝问题将令人头疼。

所以，从现在开始，在建高速公路和待建高速公路要将防治裂缝问题提高到与控制车辙

病害同等重要的地位来抓。新的路面设计和路面施工规范仍没有将基层裂缝的验收指标列入,在此建议制定规范的部门尽快将半刚性基层裂缝指标列入三阶段验收指标中,以引起人们的足够重视和尽早采取有效措施。

半刚性基层裂缝问题作为世界性难题,长久以来没有可靠的解决办法,这也是规范一直无法将其列为验收标准的最主要原因。为了控制半刚性基层裂缝,我国的公路技术人员也进行了不懈的努力,过去人们研究基层抗裂在材料上占的比重较大,而以石料和水泥为主的半刚性基层材料是变异最大的,全国各地差别很大。由于研究方向上的偏差,未取得突破性进展。近期人们认识到单从材料入手解决半刚性基层抗裂问题局限很大,进而转向现在以级配研究和成型方式变革为主的轨道上。常言道:穷则变,变则通。长安大学的研究人员,运用振动成型技术和采用骨架密实结构基层,使半刚性基层的抗裂性能大幅度提高。不仅如此,研究发现骨架密实结构基层无论实验性能和路用性能均全面优于悬浮结构基层。所以,《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)规定水泥稳定碎石混合料试件成型宜采用振动成型方法,高速公路、一级公路的基层或上基层宜选用骨架密实结构。为了配合《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)的实施,本书对水泥稳定碎石基层混合料振动成型技术和骨架密实结构水泥稳定碎石基层的特点进行了详细的介绍,并提出了骨架密实结构水泥稳定碎石基层的强度形成规律、裂缝开裂规律和抗裂机理。针对振动成型骨架密实水泥稳定碎石基层的性能、特点,作者根据多年的施工和管理经验,总结出了振动成型骨架密实水泥稳定碎石基层配套的施工技术和水泥稳定碎石基层组合式碾压技术。

内蒙、天津、河南等省份成功应用了振动成型技术和骨架密实结构基层,均取得了显著的效果。目前河南省是运用这两大技术高速公路总里程最长、运用最彻底、效果最突出的省份,起始于大广线濮阳段高速公路,在岭南高速取得了较理想的抗裂效果。可以预言,随着骨架密实结构基层抗裂机理的进一步丰富、补充和完善,人们有效控制半刚性基层的前期裂缝将成为现实,不久的将来,半刚性基层的早期裂缝将被控制在一定的范围内。

半刚性基层的裂缝控制找到了有效方法后,近期大家又转向了另一个基层研究热点——半刚性基层全厚式施工。我国的半刚性基层设计厚度一般为30~40cm,由于受机械能力的限制,摊铺机无法满足全厚式摊铺,压路机无法满足20cm以上厚度的水泥稳定碎石基层的压实要求。所以,长期以来,水泥稳定碎石基层一直采用分层并机摊铺。该施工方式的缺陷显而易见,上下基层粘接不牢、平整度差、纵向接缝连接部位处理困难、施工效率低等问题无法避免。陕西中大集团致力于解决水泥稳定碎石基层分层并机摊铺的问题,以期从设备方面入手,实现半刚性基层的全厚式施工。他们首先对国外进口大宽度摊铺机进行研究,发现了摊铺时产生离析的诸多原因,通过采取一系列的措施,成功解决了基层全幅摊铺离析难题和摊铺厚度问题。通过不懈地努力和探索,于2002年推出了第一代DT1300摊铺机,摊铺宽度13m,摊铺厚度40cm(压实后30cm左右)。由于摊铺厚度受限,基层全厚式施工推广受到限制,接着中大集团通过对第一代摊铺机进行改进,2004年推出了第二代DT1400摊铺机,摊铺宽度为14m,摊铺厚度达到50cm,能满足双向四车道高速公路路面基层全厚式全幅施工要求。随着我国高速公路的发展,高速公路等级不断提高,新修建的高速公路一般由双向四车道增至为双向六车道高速公路,为了适应这一新形势的需要,中大集团又及时推出了DT1600摊铺机(第三代),摊铺宽度为16m,能满足双向六车道高速公路基层全幅施工要求,最大摊铺厚度增至60cm(碾压后为42~45cm),能满足我国半刚性基层的厚度要求。为解决现有压路机碾压能力与大厚度摊铺的不匹配问题,中大集团又开发出了配套的32t

单钢轮振动压路机，静压力 32t，激振力最大可达 81t，解决了过去大厚度施工时压实机械压实能力不足问题。

陕西中大集团在大厚度基层（包括面层）施工技术方面走在世界先进行列，其配套的 DT 系列摊铺机和 32t 液压振动压路机成为国内外唯一能满足半刚性基层全厚式全幅施工的路面工程机械，为振兴国产筑路机械产业树立了榜样。

大广线濮阳段高速公路从 2004 年就开始进行半刚性基层全厚式施工的准备工作，当时河南濮安高速公路有限责任公司的领导看到一篇关于水泥稳定碎石基层大厚度施工的文章（由于时间太长记不得是何刊物了），就与文章的作者取得了联系，了解了有关的施工工艺和技术。因为文章没有介绍摊铺机的性能，文章仅介绍采用的摊铺工艺是先用平地机预铺再进行摊铺的工艺（相当于两次摊铺一次碾压）。经研究认为该摊铺工艺不可靠，濮安公司当时不知道已有满足基层全厚式施工的 DT1400 系列摊铺机，于是就放弃了水泥稳定碎石基层全厚式施工的念头。2007 年岭南高速在河南首家试用了这项技术，通过试验，摸索出了一套适合骨架密实水泥稳定碎石基层全厚式施工的摊铺技术和碾压工艺，本来打算在连接线推广使用，由于项目提前通车，基层施工时没有连续的作业面，摊铺机要频繁地拆装移位，无法发挥大厚度施工高效率的优势，于是就忍痛放弃了该技术，这也是本书作者最遗憾之处。

振动成型技术、骨架密实结构基层和全厚式施工技术是当今半刚性基层领域的三大前沿技术，也是近期大家研究和应用的重点。相信本书的出版，定会为这三大技术的推广和应用起到良好的推动作用。尽管书中作者提出的许多新理论和新观点还不系统、不完善，也可能不完全正确，相信不久的将来会得到大家的认可、丰富、完善和补充。

目 录

第一章 半刚性基层略谈	(1)
第二章 水泥稳定碎石混合料成型方式	(8)
第三章 水泥稳定碎石基层	(13)
第四章 水泥稳定碎石基层级配	(20)
第五章 水泥稳定碎石基层水泥剂量的选择	(50)
第六章 水泥稳定碎石基层施工技术	(56)
第七章 振动成型骨架密实水泥稳定碎石基层施工要点	(73)
第八章 水泥稳定碎石基层施工石料质量控制	(89)
第九章 水泥稳定碎石基层摊铺离析研究	(101)
第十章 组合式碾压技术简介	(118)
第十一章 振动成型骨架密实水泥稳定碎石基层技术应用	(135)
第十二章 振动成型骨架密实水泥稳定碎石基层技术应用总结	(168)
第十三章 水泥稳定碎石基层全厚式施工技术研究	(189)
第十四章 水泥稳定碎石基层全厚式施工机械简介	(198)
第十五章 水泥稳定碎石基层全厚式施工技术	(209)
第十六章 水泥稳定碎石基层全厚式施工技术应用	(219)
参考文献	(247)
鸣谢	(249)

第一章

半刚性基层略谈

一 半刚性基层沥青路面诞生的历史背景、发展现状及存在的问题

(一) 半刚性基层沥青路面技术在我国形成的历史背景

20 世纪 60 年代, 石灰稳定土基层渣油路面在我国开始应用, 并成为当时公路界三大重要科技成果之一。进入 70 年代以后, 水泥、石灰、粉煤灰等无机结合料稳定粒料基层成为主流, 形成了半刚性基层沥青路面技术的雏形。从 80 年代至今, 经过“六五”、“七五”、“八五”科技攻关项目的研究, 半刚性基层沥青路面结构成套技术逐渐形成, 成为我国高速公路主要的路面结构形式。现在我国已建成的高速公路 95% 以上都是半刚性基层沥青路面。

我国是一个发展中国家, 经济条件有限, 又要大力发展公路建设, 选择半刚性基层沥青路面结构无疑是一个技术上可行、经济上合理的技术方案。

第一, 我国沥青质量不好, 主要是含蜡量高 (现在含蜡量虽然降低了, 但该指标一直不稳定), 且产量低、价格高;

第二, 我国原材料质量较差, 通过采用无机结合料稳定的方法, 可以降低对原材料的技术要求, 并能保证一定的强度;

第三, 采用半刚性基层可以减薄沥青面层的厚度, 从而达到降低沥青路面造价的目的, 解决初期投资短缺的矛盾。

(二) 半刚性基层沥青路面技术发展现状

几十年来, 半刚性基层的应用及研究虽然取得了丰硕的成果, 但远未达到完美的程度。半刚性基层沥青路面路用性能并不是都获得了预期的效果, 主要表现为存在收缩裂缝, 当有水渗入后可能出现唧浆现象; 当结构组合设计不合理或半刚性基层自身存在质量问题时, 往往会发生结构性破坏。以上问题的存在并不表明半刚性基层路用性能差, 更不表明半刚性材料不适宜作高等级路面的基层。但是, 工程实践中出现的一些问题却反映出目前采用的半刚性基层混合料设计、评价指标及试验方法等方面尚需进一步研究并改进。

1. 规范对混合料路用性能要求相对简单, 质量控制指标单一

除原材料性质外, 对混合料只要求 7d 龄期的饱水无侧限抗压强度达到要求即可, 而对混合料抗裂能力无评价指标。这就使得设计或施工时只注重提高强度, 甚至有可能导致强度过大, 至于由此造成的许多负面影响 (刚度过大、收缩变形过大、抗冲刷性能差等) 却很少引起重视。

2. 规范规定的混合料级配范围太宽

在规范规定的混合料级配范围内, 不同级配的混合料其抗裂能力等路用性能却有很大差

异,因此不同级配的水泥稳定碎石或二灰碎石混合料各种力学指标即使全部满足规范要求,也很难说这些混合料具有良好的抗裂能力。

正是由于以上原因,导致了对半刚性基层认识上的一些偏差,比如,工程技术人员对半刚性基层在沥青面层铺筑前大量出现裂缝现象(不正常)已司空见惯;水泥稳定碎石混合料的水泥剂量应达到5%以上(过高)几乎成为共识;施工后的水泥碎石基层表观密实、特别是光滑(级配不良)事实上已成为水泥稳定碎石基层质量控制的重要标准;工程中为达到设计强度指标及保证路面芯样完整,提高水泥剂量(非唯一方式)几乎成为最有效的手段;现场芯样无侧限抗压强度往往远大于室内静压法成型试件强度的原因(室内成型方式与现场不匹配)很少被考虑;现有压实设备下,无需对施工工艺严格控制也能达到较高的压实度(压实度超百现象普遍存在,其实质是重型击实法确定的压实度标准偏低)已被接受。但正是在压实度容易达到的情况下,基层的压实反而被忽视:某高速公路6%水泥剂量的水泥碎石基层一个月后仍不能取出完整芯样,实测其压实度仅92%。某高速公路通车不到一年时间出现了严重的早期破坏现象,水泥稳定碎石基层检测结果表明,压实度大于97%的仅占20%,芯样完整的钻芯却占总数的52%,且强度较高。如此低的压实度下仍能取出完整芯样,可见水泥剂量之高。

3. 室内试验确定水泥稳定碎石及二灰碎石混合料最大干密度、最佳含水量的重型击实试验方法及测定混合料无侧限抗压强度的试件成型方式与现场碾压方式不匹配

众所周知,室内试验要准确、有效预测与控制现场施工质量,应满足两个最基本的条件,首先要求试件成型方式能够最大限度地模拟基层施工条件,使室内成果与基层实际应用效果有可比性;其次要求各种性能评价指标切实反映基层在其服务环境下的服务质量。缺少此条件,室内控制与预测便无从谈起。

目前,高等级公路半刚性基层施工普遍采用振动压路机,但室内仍采用与现场施工条件并不匹配的试验方法:用重型击实法确定最大干密度及最佳含水量,用静压法成型试件测定抗压强度及抗裂能力。由此衍生出一系列问题:重型击实法确定的最佳含水量及最大干密度作为现场振动压实的控制指标是否合适?混合料分别在静压与振动作用下其力学特性或许不同,那么用何种成型方式制作的试件强度控制现场质量更有效?用静压法进行室内研究所优化的配合比(包括级配、水泥含量等)在震动压实条件下路用性能是否最优?

水泥稳定碎石及二灰碎石混合料在原材料一定的情况下,肯定有一综合路用性能最佳的配比(包括最大干密度、最佳含水量、水泥、二灰剂量、集料级配等),但此配比是特定的试件成型方式下的产物。试件成型方式不同,此最佳配比不同,而最能模拟混合料现场压实方式的试件成型方式得到的最佳配比应当有实用价值。

因此系统地运用静压法及振动法分别进行水泥稳定碎石混合料配合比优化,将优化出的混合料路用性能与现场振动压实的混合料的路用性能进行比较,提出适用于控制现场质量的混合料室内成型方式,并提出强度满足要求、抗裂能力最佳的混合料配合比,充分发挥半刚性基层的优势,提高路面的使用性能,对我国方兴未艾的高等级公路建设将产生积极的影响。

如上所述,水泥稳定碎石混合料出现早期破坏与室内成型方式的不合理及标准单一导致水泥剂量过高、压实度标准偏低、级配不良等有密切关系。因此为进一步提高路用性能,现实的措施是在合理的级配范围内,适当降低水泥剂量、提高压实度标准。但是,最佳级配范围如何确定,水泥剂量降低多少,压实度标准提高到什么程度,却需要以科学的方法去开发能够模拟现场压实工况的室内试件成型方式并提出切实可行的施工控制标准。

(三) 半刚性基层沥青路面技术存在的问题

数十年来,对水泥稳定基层混合料的研究,在混合料性能、施工工艺及养护管理等方面取得了大量的研究成果,但还存在以下不足。仅从公路散体材料的发展历史看,目前对水泥稳定碎石等半刚性材料的研究并不深入,对其路用性能的认识并不全面。

(1) 目前对水泥稳定基层混合料抗裂能力的研究,主要是定性分析,而在定量研究方面不够深入。定性研究结论基于大量的工程实践,如果在此基础上给予定量分析,就可使水泥稳定基层混合料干、湿缩性能的研究方法更为科学、研究结果更具说服力。过去人们研究基层抗裂在材料上占的比重较大,而以石料和水泥为主的半刚性基层材料是变异最大的,全国各地差别很大。由于研究方向上的偏差,未取得突破性进展。

(2) 对各种收缩的方法看法不一。水泥稳定碎石混合料收缩研究中,对收缩的测量方法主要有手持应变仪、支架法和电阻应变仪测量等。各种方法均有其缺点,究竟何种方法更适合于水泥稳定碎石混合料收缩能力的测量,并未有一致看法。

(3) 抗裂评价指标不完善。现有的水泥稳定碎石基层抗裂性评价方法有的仅应用混合料收缩量,有的仅应用混合料收缩应变和应变系数,而这些方法既未对开裂进行全面认识,更未对混合料的收缩性能作出相关的控制指标。

(4) 室内研究手段与现场施工工艺不配套,压实标准偏低。压实度达到较高标准对水泥稳定碎石混合料强度、抗裂性能及抗疲劳能力的提高均有显著作用。目前几乎所有的水泥稳定碎石混合料基层的研究成果都是建立在重型击实法确定的最佳含水量、最大干密度及用静压法成型试件的各种力学性能基础上得到的,而目前现场混合料压实采用振动压实。可见,静压法研究成果是否适用于现场振动压实确实是值得深入探讨的问题。

而且,压实度标准的适当提高目前已有坚实的物质基础,与以前的压实施工机械相比,如今的施工压实设备在性能及压实功能上有质的飞跃。因此有理由认为用性能大幅度提高的压实设备应该铺筑出压实度更高的、质量更好的基层。但如室内成型条件不加改变,还沿用重型击实法,只能导致现今的筑路机械修筑出与以前相差无几的半刚性基层,更严重的是:室内试验标准已严重阻碍了科技进步及生产的发展。

(5) 相关规范的修订工作不同步,施工及质量评定标准严重滞后。由于技术的发展,现行规范的相关技术标准落后于当前的技术发展水平,施工技术规范以及质量评定标准严重滞后,新技术、新材料、新结构的推广应用受到阻碍。目前与半刚性基层施工及验收相关的规范主要有《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)及《公路路面基层施工技术规范》(JTJ 034—2000)。由于两部规范修订时间差距较大,导致在试验方法、评价标准等方面存在冲突。因此有必要在此基础上加强研究,进一步完善振动法设计内容及相关的施工质量控制指标。

二 对半刚性基层的再认识

近期,我国的半刚性基层路面发生了不少早期破坏现象,遭到许多专家学者的口诛笔伐,那么半刚性基层路面在我国是否已走到了山穷水尽的地步呢?

答案是:不!

（一）半刚性基层的优点

半刚性基层沥青路面在中国公路建设中具有重大的历史意义，直至目前，这种路面结构形式仍被广泛采用。据统计，我国高等级公路路面基层 90% 以上采用半刚性基层。半刚性基层具有以下特点。

1. 强度高

一般来说，半刚性基层具有较高的强度，且具有强度随龄期不断增长的特性，因此半刚性基层路面通常具有较小的弯沉和较强的荷载分布能力。已有工程证明，半刚性基层沥青路面的承载能力完全可由半刚性基层分担，沥青面层可仅起功能层的作用。

2. 稳定性好

半刚性基层材料具有较高的水稳定性和抗冻稳定性，因此在水的作用及多次冻融反复作用下而不影响半刚性基层的承载能力（这是传统的观点）。

3. 刚性大

水泥稳定碎石混合料基层抗压回弹模量值可高达 1800MPa，因而其上沥青面层弯拉应力相应减少，从而提高了沥青面层的耐久性。

4. 建设成本低

半刚性基层由于可以就地取材，水泥、石灰、粉煤灰、石料等筑路材料当地一般都能供应，所以成本较低，可节约高速公路造价。

（二）半刚性基层路面的缺点

几十年来，半刚性基层的应用及研究虽然取得了丰硕的成果，但远未达到完美的程度。沈金安同志在《国外沥青路面设计方法总汇》中对半刚性基层的缺陷描述如下：

（1）半刚性基层的收缩裂缝及由此引起沥青路面的反射裂缝不同程度的存在；

（2）半刚性基层非常致密，水从各种途径进入路面并到达基层后，不能从基层迅速排走，只能沿沥青层和基层的界面扩散、积聚，造成路面破坏；

（3）半刚性基层材料的强度、模量会由于干湿和冻融循环，在反复荷载的作用下因疲劳而逐渐衰减；

（4）半刚性基层沥青路面对重载车来说具有更大的轴载敏感性；

（5）半刚性基层损坏后没有自愈能力，且无法进行修补。

综上所述，我们要用客观的眼光看问题，不能因为半刚性基层存在问题就一棍子打死，在全厚式沥青路面没有研究成熟前，半刚性基层路面仍将是主流，所以半刚性基层挖潜是当务之急。

（三）水泥稳定碎石基层施工中存在的问题

1. 压实度超百

大家都知道水泥稳定碎石基层施工中，压实度超百现象非常普遍，按照真实的压实度数据统计，超百率应在 50% 以上。但是，在各级检查及验收中，不允许压实度超百，这就逼迫施工单位要么在资料中造假，求得“合格”的资料；要么在施工中减少压实遍数，降低压实度以使资料“过关”。不论施工单位采取何种方式让内业资料“合格”，都会给高速公路带来致命的后果。承包商采用造“假资料”的方法掩盖了压实度超百现象，给设计单位和科研单

位一种错误认识,致使目前对压实度超百重视不够,对压实度超百的原因缺乏分析研究,阻碍了半刚性基层的发展;如果施工单位用减少压实遍数的方法来获得“合格”的内业资料,其后果更加可怕。压实遍数不够,虽然表面上看压实度合格了,其实真正的结果是压实度不够,因为压实度与强度成正比,于是带来另一个后果是强度不够。为增加强度,因为调整级配对增加强度不明显,增加水泥剂量便成为首选。

2. 裂缝严重

尽管水泥稳定碎石基层应用多年,但是裂缝问题一直无法根除。水泥稳定碎石施工后不久便出现明显的裂缝,尤其过冬后更是裂得惨不忍睹,严重者3~5m就会有一道通透式裂缝。如图1-1,基层裂缝反射到面层引起高速公路的早期破坏。



图1-1 半刚性基层的裂缝反射到面层

半刚性基层的裂缝引起面层的反射裂缝,雨水从裂缝中通过面层和基层进入底基层,经过轮胎的挤压和泵吸的反复作用,造成路基唧泥和路面坑槽,是引起高速公路早期破坏的主要原因。

(四) 半刚性基层路面缺陷分析

从世界范围上看半刚性基层并没有“绝迹”,南非、前苏联等,甚至欧洲发达国家的中低交通路面都一直在使用半刚性基层,并没有发生类似我国的高速公路早期破坏现象,所以把目前我国高速公路的早期破坏现象完全归咎于半刚性基层是不客观的。

从沈金安同志对半刚性基层的缺陷描述可以看出,目前半刚性基层的突出问题是裂缝,其他的问题大都是由于裂缝衍生出来的。例如,“半刚性基层非常致密,水从各种途径进入路面并到达基层后,不能从基层迅速排走”,就是说,如果没有裂缝,就不存在水进入基层的问题了,“半刚性基层损坏后没有自愈能力”,说明如果没有裂缝也不存在需要自愈的问题了。我们必须抓住问题的本质,在解决裂缝上下功夫,只要解决了裂缝问题,半刚性基层仍具有强大的生命力,完全可以与柔性基层、全厚式沥青路面抗衡,仍将继续为我国的高速公路发展作出贡献。

三

全厚式沥青路面简介

(一) 全厚式沥青路面

全厚式沥青路面是长寿命路面 (Long-Life Pavements, Extended Life Pavements, Long-Lasting Pavements, 欧洲国家的习惯称谓) 或永久性路面 (Perpetual Pavement, 美国的一般叫法) 的主要结构形式。

基于寿命周期内总费用最少的原则, 欧洲最早提出了长寿命路面的理念, 20 世纪末长寿命路面成为世界各国沥青路面研究的热门课题, 随着高速公路早期破坏的加剧, 我国从 2000 年以后开始了长寿命路面的探索。

长寿命路面的设计思路是确保路面各类损坏控制在路面表面层顶部很薄的范围内, 如自上向下的温度疲劳开裂、车辙、表面磨耗、沥青老化都努力限制在磨耗层内, 防止出现中层以下的结构性损坏。表面层的损坏只需通过预防性养护得以补救。为了保持路面的舒适性和良好的服务性能, 每隔一定时间进行一次沥青罩面或铣刨加铺, 使路面结构具有 50 年以上的使用寿命。长寿命路面有两种主要结构形式, 即全厚式沥青路面和厚沥青层 + 柔性基层沥青路面。长寿命沥青路面的基层主要为沥青稳定类材料, 如热拌大粒径沥青混合料、乳化沥青稳定碎石、泡沫沥青稳定粒料以及旧沥青路面再生材料。沥青类稳定基层由于抗疲劳性能好, 对于车辆作用产生的损伤有一定的自愈能力, 国外应用比较普遍, 因而较少存在早期损坏现象, 使用寿命长达 20 年, 甚至 40 年。

全厚式沥青路面顾名思义就是从基层到面层全是沥青混合料的路面结构形式。

(二) 全厚式沥青路面值得商榷之处

半刚性基层具有强度高、板体性好、稳定性高、建设成本低的优点, 成为风靡全国的一种路面结构形式。但是, 由于长久以来半刚性基层技术没有取得突破性的发展, 半刚性基层裂缝严重、不透水、强度模量随疲劳而衰减、对轴载比较敏感、修补困难等缺陷也逐步显露出来, 成为我国高速公路早期破坏的一大诱因, 遭到了国内外专家、学者的批评。客观地讲, 目前对半刚性基层的批评 (或批判) 绝大部分是客观公允的, 半刚性基层路面一统天下确实不利于我国高速公路的进步, 发展全厚式沥青路面的方向也是值得肯定的。但是, 任何问题都应该客观地对待, 全厚式沥青路面固然有其优越性, 但并非万能, 有下列问题值得商榷。

(1) 我国现在缺乏全厚式沥青混凝土路面设计和施工的经验, 因为我国幅员辽阔, 气候条件千差万别, 地质条件千变万化, 这些与国外差别很大, 如果盲目照搬很难成功。

(2) 通常认为路面厚度在 25cm 以下时, 随着路面厚度的增加车辙将增加; 当路面厚度大于 18cm 时, 随着路面厚度的增加, 车辙一般不再有很大的增加。这一理论是基于 25cm 以下的路面内温度已经较低, 不足以产生车辙。这在中国也适合吗?

笔者有两点疑问: 第一, 德国、英国等国家年平均气温很低, 夏季气温也不高, 所以高温车辙很小; 而我国南方和北方夏季最高气温相差几十度, 且高温天气持续时间长, 高温车辙怎能让人放心? 沥青路面温度场表明, 我国许多省份的沥青路面, 夏季路面 25cm 以下仍有较高的温度, 足以产生高温车辙。第二, 我国运输车辆超载严重, 短期内又无法根除, 而国外通过数年的治理, 基本上消灭了超载。国情不同, 18~25cm 的车辙临界值在我