

公路水泥混凝土路面 典型结构设计

方法

杨锡武 编著
梁富权 主审

人民交通出版社

公路水泥混凝土路面典型结构设计方法

GONGLU SHUINI HUNNINGTU LUMIAN
DIANXING JIEGOU SHEJI FANGFA

杨锡武 编著
梁富权 主审

人民交通出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

公路水泥混凝土路面典型结构设计方法 / 杨锡武编著.
北京: 人民交通出版社, 2002.2

ISBN 7 - 114 - 04189 - 6

I . 公... II . 杨... III . 水泥混凝土路面—工程结构—结构设计 IV . U416.216.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 006991 号

公路水泥混凝土路面典型结构设计方法

杨锡武 编著

梁富权 主审

正文设计: 王静红 责任校对: 张莹 责任印制: 杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本: 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张: 5.5 字数: 140 千

2002 年 3 月 第 1 版

2002 年 3 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001 - 4000 册 定价: 12.00 元

ISBN 7 - 114 - 04189 - 6
U · 03067

内 容 提 要

本书系统地介绍了水泥混凝土路面典型结构的研究与用典型结构设计混凝土路面的方法;水泥混凝土路面典型结构研究的基本程序;水泥混凝土路面常见病害及产生破坏病害的力学机理;水泥混凝土路面常用基层材料的技术性能;一般水泥路面混凝土、特细砂路面混凝土和机制砂路面混凝土的配合比设计方法;以重庆地区公路混凝土路面典型结构的研究和制定为例,系统地介绍了混凝土路面典型结构研究和用典型结构设计混凝土路面的方法,并列出了近 500 个适用于一、二、三级公路不同地基强度条件和交通量的混凝土路面典型结构。

本书可供路面研究、公路勘察设计和相关专业的技术人员以及大专院校道路工程专业的本科生和研究生参考。

前 言

我国水泥混凝土路面已有较成熟的设计理论和方法,但是由于我国幅员辽阔,地理、地形、气候、土壤地质条件和材料来源差异较大,现行水泥混凝土路面设计规范难以穷尽各个地方在设计和修筑路面过程中碰到的各种特殊问题;另一方面,随着我国经济的发展,除了一些高速公路和干道外,大量的地方道路也正在修建,水泥混凝土路面以其使用年限长,材料来源方便,施工工艺较简单而得到大量应用,但由于各种原因,部分路面在通车三五年后便出现了不同程度的提前破坏病害,增加了养护维修费用,降低了道路的服务水平。水泥混凝土路面典型结构设计方法,旨在针对气候、地形、土壤地质条件与材料来源对混凝土路面结构的影响和混凝土路面在各地方使用中存在的问题,以现行水泥混凝土路面设计规范为依据,各地制定适合本地区气候、地形、土壤地质条件和材料来源的路面结构,使路面结构与道路所在地区自然环境、筑路材料资源和经济发展水平相适应,达到路面结构设计图表化、规范化,使设计者和道路业主进行路面结构设计 with 结构优化时有更大的选择范围,以使路面结构设计安全可靠、经济合理,减少混凝土路面提前破坏病害,节约工程造价,降低养护维修费用。

本书系统地介绍了混凝土路面典型结构的研究和设计 with 用典型结构设计水泥混凝土路面的方法,第一章介绍了水泥混凝土路面典型结构研究的目的与意义和研究的基本程序;第二章介绍了水泥混凝土路面常见病害类型,用有限元方法分析了产生破坏病害的力学机理;第三章介绍了水泥混凝土路面常用基层材料的技术质量要求、配合比与施工要点;第四章介绍了一般水泥路面混凝土、特细砂路面混凝土和机制砂路面混凝土的配合比设计方法,供

不同材料来源地区的路面混凝土设计参考;第五章以重庆地区公路混凝土路面典型结构的研究和制定为例,系统地介绍了混凝土路面典型结构研究和设计的方法,包括交通量划分、土基等级及其他设计参数的确定与结构组合设计原则和用典型结构设计混凝土路面的方法,列出了近 500 个适用于一、二、三级公路不同强度地基条件的混凝土路面典型结构供读者参考。

用典型结构设计混凝土路面是一种新的路面设计理念和方法,有许多问题尚有待进一步研究和完善,限于作者水平,书中错误与不足在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

2001 年 12 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 路面典型结构研究的目的、意义和方法	1
第二节 自然环境条件对混凝土路面的影响	5
第二章 水泥混凝土路面病害及机理分析	8
第一节 水泥混凝土路面病害调查	8
第二节 引起水泥混凝土路面破坏病害的原因分析	25
第三节 水泥混凝土路面破坏的力学机理	27
第四节 混凝土路面破坏病害类型及原因总结	36
第三章 水泥混凝土路面典型结构的基层材料	39
第一节 石灰粉煤灰和水泥石灰粉煤灰碎(砾)石基层	40
第二节 水泥稳定碎(砾)石基层	49
第三节 碎(砾)石灰土基层	52
第四节 石灰煤渣碎石基层	55
第五节 级配碎(砾)石基层垫层	57
第六节 级配砂砾基层	59
第七节 填隙碎石基层	62
第八节 片石基层	64
第四章 路面混凝土配合比设计	70
第一节 路面混凝土的原材料性能要求	71
第二节 普通路面混凝土的配合比设计	77
第三节 特细砂路面混凝土的配合比设计	83
第四节 特细砂路面混凝土的配合比试验	90
第五节 机制砂路面混凝土的配合比设计	97
第五章 水泥混凝土路面典型结构设计	103

第一节	重庆地区气候、地形及土壤地质条件	103
第二节	水泥混凝土路面典型结构设计参数	104
第三节	公路水泥混凝土路面典型结构设计	122
第四节	用典型结构设计混凝土路面示例	163
参考文献		167

第一章 绪 论

第一节 路面典型结构研究的目的、意义和方法

一、路面典型结构研究的目的、意义

我国幅员辽阔，各地区的自然条件差异悬殊，就气候而言，东部潮湿季冻、东南湿热、西南潮暖、西北干旱、青藏高寒。从新疆至黑龙江、从内蒙到广东、上海，全国各地的土壤、地质、水文条件和道路建筑材料来源及性质差异较大，自然环境复杂多变，要想设计一种或几种能适应全国各地材料来源和自然条件的路面结构是不可能的。尽管我国目前已有了一套较完善的路面结构（包括水泥路面和沥青路面）设计理论和方法，但其主要是解决路面结构的厚度计算问题，对结构组合、材料选择及组成要求等仅作了指导性的建议。在实际工程设计中，要在规范的指导下针对本地的交通条件、材料来源和自然环境条件进行路面结构设计，还有大量的工作需要完成；在设计过程中可能会由于多种原因，如气候环境条件、材料来源不同、设计者的经验、工程投资限制以及设计资料不全等，使最后设计出的路面结构偏于保守而不经济，或为了节约工程造价而使路面结构不安全，产生提前破坏病害，这些问题在地方公路的路面结构设计中尤其突出。因此，在我国公路建设飞速发展的今天如何在我国路面设计规范指导下，根据一个地区的气候、土壤、地质、水文条件和材料来源等进行合理的路面结构设计，使路面结构设计安全可靠、经济合

理,避免路面结构设计的不经济或不安全就显得十分重要。路面典型结构就是在我国路面设计理论和设计规范指导下,充分考虑区域气候、土壤、地质和水文等各种自然因素对路面的影响,结合当地的建筑材料来源、交通和经济发展条件而制定的适应于该区域不同交通条件的通用路面结构或路面结构标准图。路面典型结构的制定不但可以使路面结构设计图表化、规范化,大大减少路面设计工作量,而且可以优化路面结构设计,使路面结构设计师在材料选择、厚度确定等方面有较大的选择范围,不需要做过多的计算(只需进行累计当量轴次计算)就可以确定安全可靠、经济合理的路面结构,从而避免由于选材不当或厚度确定不合适而导致的路面结构不经济或不安全。另一方面,与沥青混凝土路面相比,水泥混凝土路面具有材料来源方便,施工工艺较简单,使用年限长的优点,使水泥路面的里程越来越多,但由于人们对水泥混凝土路面结构组合的重要性认识不足(主要重视板厚和板的强度),重视不够,路面结构选材和组合不当,使得部分公路通车一两年后混凝土路面即出现了大量的破坏,影响交通,增加养护维修费用,造成经济上的损失。通过混凝土路面典型结构的研究、制定和应用,可以加深人们对混凝土路面结构组合重要性的认识,避免由于结构组合不当而造成混凝土路面提前破坏或经济上的浪费。

世界上许多国家(如日本、德国、法国等)的混凝土路面结构设计也都采用了典型结构设计方法,运用理论计算与实际试验路相结合,提出适合本国度、本地区在不同交通量和不同路基等级条件下的路面结构标准图。用典型结构进行混凝土路面结构设计亦是国际上的混凝土路面设计方法之一。随着我国经济的不断发展,国家对公路交通基础建设投资的增加,公路建设面临新的机遇和挑战,除了高速公路重要的干线公路、国道等公路外,大量的地方公路需要修建,研究和制定混凝土路面典型结构,不但是我国混凝土路面结构设计理论和方法的发展需要,且对于保证地方公路的混凝土路面结构设计的安全可靠、经济合理及工程质量,充分发挥

建设投资的经济的社会效益,减少养护维修费用,提高道路服务水平都具有重要的意义。

二、路面典型结构研究的方法

路面典型结构是为局部地区的路面结构设计服务的,其结构选材、结构组合受地区自然环境的影响较大,具有明显的地方特点。为了使路面典型结构适应当地的气候、土壤、地质水文条件和材料来源,满足不同的交通量要求,路面典型结构研究和制定要吸收目前已成路面结构和材料应用的经验,同时有一定的前瞻性,适应本地区的路网规划和未来经济发展水平,使典型结构在相当长的时期内具有实用价值,为此,研究必须遵循一定的研究规程,以使其达到研究应用目的。为此必须完成以下工作:

1. 旧路调查

旧路调查的目的是为了全面深入了解本地区目前使用的路面结构和常用的路面结构形式、结构层度、各结构层材料类型及其应用效果,以及路面结构在使用过程中的病害情况,路面所处的路基的性质以及水温环境状况和交通等对路面使用性能的影响,以评估路面结构、路面材料和土基水温状况与交通等几者相互作用及其与路面使用效果之间的关系,为典型结构的设计提供参考结构形式和材料的现场应用经验。调查可采取全面调查与现场重点调查相结合的方法进行,全面调查的实施可根据实际需要设计成一定的表格形式进行有关项目调查。在取得全面调查资料后,对全面调查资料作统计分析整理,根据研究目标确定重点调查路段,实施现场调查。现场调查是旧路调查的重点,调查内容和方法包括:

(1)调查路段选择:调查路段的选择应覆盖典型结构应用的区域,路面结构形式具有一定的代表性,有一定的使用频率,经一定使用年限后使用状况良好或病害严重的路面结构都应选作调查路段;对路面结构形式、使用状况和交通条件三者综合考虑后,确定现场重点调查路段。

(2)资料收集:收集被调查路段的结构设计资料,包括设计累计当量轴次,结构设计图纸,施工质量验收资料及养护维修资料等。

(3)交通量调查:进行现场交通量调查,确定调查路段的目前交通量及交通组成。

(4)现场测试:通过钻芯取样,确定混凝土板及其他结构层的实际厚度,在室内测试混凝土芯样的强度;对破坏病害严重的路面,除钻芯取样外,还必须根据其破坏位置、形式及严重程度与路基水温状况进行测试记录,现场初步评估分析引起混凝土路面破坏的原因,并作记录,作为最后综合分析的依据。对使用状况良好的路面除钻芯取样外,亦应对其路基水温状况和使用状况进行记录。

(5)路基土性及水温状况调查:在调查段上取路基土样,进行室内密实度、最佳含水量和塑限、液限测试。同时调查路基高度、地下水和地表水情况。

2. 路面材料调查

通过全面调查和现场调查,确定研究区域内常用路面材料的种类和使用性能,评估其使用效果,作为典型路面结构组合设计选材的依据。

3. 研究区域内混凝土路面结构使用现状的综合评估

对研究区域内混凝土路面结构设计的合理性,产生路面病害的原因和影响混凝土路面使用的因素进行综合分析,为典型结构设计及解决混凝土路面存在的问题提供实际经验和合理方案。

4. 典型路面结构的材料确定

根据路面材料调查成果和本地区路面材料来源情况,遵循就地取材但同时满足工程技术要求的原则,确定典型结构的各层材料及其品质与施工质量要求。

5. 结构组合及典型结构的设计

在对路面结构、路基土及其水温状况、路面病害及常用路面材料的现场调查和室内试验分析的基础上,拟定适应于本地区自然

气候、土壤、地质水文条件和材料来源的路面结构。通过室内外试验及本地应用经验,并结合有关规范的推荐值,确定各结构层材料及土基设计参数,用现行水泥混凝土路面设计规范计算和确定不同交通等级下各路面结构厚度,结合当地的应用情况适当调整后作为本区域的混凝土路面典型结构,供设计生产应用。

第二节 自然环境条件对混凝土路面的影响

根据公路建筑的特点,影响混凝土路面的自然因素主要有气温、水、地质水文条件和路基土质几方面,这些因素的影响因道路所处自然环境条件不同而不同,它们对混凝土路面的影响表现在以下几方面:

1. 气温:大气温度在一年四季出现周期变化,每一天的昼夜气温也出现一定幅度的周期性变化。路面直接暴露于大气中,气温对混凝土路面的影响主要有以下几方面:水泥混凝土路面受温差的影响将产生体积膨胀和收缩的变化,如果混凝土路面的膨胀和收缩受到约束,在混凝土板中将产生巨大的收缩或膨胀应力,当其应力超过板的容许强度,板将产生断裂破坏,通常将水泥路面形成一定的小块,有缝隙,即混凝土路面的接缝。同时,每昼夜气温的变化,使板顶与板底产生温差,使混凝土板在白天隆起,夜晚下凹,产生温度翘曲变形受到约束,使板中产生附加应力,昼夜气温变化对混凝土路面产生的这些影响在混凝土路面典型结构设计中必须考虑。在气温较低,有季节性冰冻的气候条件下,路面结构组合必须考虑冰冻对路面的作用,设计中还应采用对冰冻不敏感的粒状多孔材料(如级配砂砾、碎石等)作基(垫)层,并使路面结构达到一定厚度以减少路基的冻害深度。在冰冻深度大于0.5m的季节性冰冻地区为防止路基可能产生的不均匀冻胀对混凝土面层的不利影响,路面结构应有足够的总厚度,以使路基的冰冻深度限制在有限范围之内。表1.1是为防止路基不均匀冻胀对混凝土路面产生影响的最小结构总厚度。

混凝土路面结构防冻最小总厚度(cm)

表 1.1

路基干湿类型	路基土质	设计年限内当地最大冻深(cm)			
		50 ~ 100	100 ~ 150	150 ~ 200	> 200
中湿路段	粘性土、细亚砂土	30 ~ 50	40 ~ 60	50 ~ 70	60 ~ 95
	粉性土	40 ~ 60	50 ~ 70	65 ~ 85	70 ~ 110
潮湿路段	粘性土、细亚砂土	40 ~ 60	50 ~ 70	60 ~ 90	75 ~ 120
	粉性土	45 ~ 70	55 ~ 80	70 ~ 100	80 ~ 130

2. 水:影响混凝土路面的水主要有大气降水,地面长期积水和地下水几种,这些水分通过下渗或毛细渗透方式进了路基和路面结构,使路面基层和土基的强度降低引起板的断裂破坏。它们的影响机理如下:降雨时,雨水通过混凝土板的接缝下渗到基层及土基中,使土基和基层湿软,在车辆荷载反复作用下,在应力集中的板边,板角处产生不均匀沉降或唧泥,导致板边、板角的破坏;在经过水田或水塘的填方地段,由于填方高度较低,水田或水塘的积水通过毛细作用渗入路基上部,使土基含水量增加,强度降低,使路基产生不均匀变形而引起板的破坏。在一些挖方地段,由于地下水位较高,地下水亦会通过毛细作用渗入土基上部和路面基层,使基层强度下降、导致板的破坏,在季节性冰冻地区,地下水的这种影响将导致路面的冻胀和翻浆。因此,在混凝土路面结构设计中,应选择防水性能好的半刚性材料作基层,而用透水性好的材料作垫层,在接缝处设填缝料,尽量减少雨水的下渗,同时使路基高度处于干燥或中湿状态的临界高度以上。

3. 土质:不同的路基土水温稳定性不同,它们对混凝土路面的影响亦不一样。砂性土强度高有良好的水温稳定性,是良好的路基填筑材料。粉性土水温稳定性差,粘结力低,干时扬尘,遇水软化成糊状,物理力学性能随着环境温度、湿度的变化而变化,使混凝土路面产生不均匀的受力和变形,导致路面的破坏,一般不宜用作路基填筑材料,若要用于填筑路基,则必须对其进行改良,并加

强路基的排水,最大限度地减少地表水下渗。粘性土有较大的粘结力,碾压密实后透水性差,是较好的路基填料,但必须进行充分压实。道路所处地区不同,所采用的路基土质亦不一样,路基的水温稳定性亦有变化,在就地取材原理下,应尽量选用水温稳定性好、强度高的土作路基填料,并进行充分压实,使其达到施工质量要求。

4.水文地质条件的影响:水文地质条件对路面的影响主要是在一些地下水出露或地下水位较高的路段,地下水通过毛细作用上升进入路基工作区范围,使路基湿软,强度降低,使混凝土路面在车辆荷载作用下产生不均匀沉降而破坏。对沿河路段,路面会因洪水猛烈冲刷路基,使路基淘空变形,导致路面破坏。而修在滑坡地段上的路基,若滑坡未作加固外理,滑坡的移动将使混凝土路面产生变形破坏。为避免不良水文地质条件对混凝土路面的影响,应根据道路所处地段的水文地质条件,适当增加路基高度,防止地下水或地表积水渗入路基,同时对受冲刷的不稳定路基边坡进行防护加固,消除不良水文地质对路基路面的影响。

混凝土路面典型结构应用于一定自然环境条件区域的路面结构设计,各种自然因素对混凝土路面的影响因道路所处自然环境条件而异,典型结构设计中必须针对典型结构应用区域的特定自然环境条件,遵循既综合又有主导的原则和当地路面结构的应用经验和效果合理地考虑气温、水、土质和水文地质条件对路面结构的影响。

第二章 水泥混凝土路面病害及机理分析

旧路病害调查是水泥混凝土路面典型结构研究的重要内容之一,通过调查和对调查资料的分析总结,找出混凝土路面产生提前破坏病害的原因,以在典型结构的设计中,通过合理选材、合理的结构组合与厚度计算以及施工质量控制要求等来避免产生类似的病害。使混凝土路面结构安全可靠、经济合理,避免混凝土路面的提前破坏病害,减少养护准修费用。

由于道路所处的自然环境,交通条件和材料性质不同,水泥混凝土路面病害类型、产生的原因也各不相同,为了能对混凝土路面病害形式和产生机理有一个总体上的认识,本书以重庆地区水泥混凝土路面典型结构设计中的旧路病害调查资料为例,阐述混凝土路面典型结构设计的病害调查方法和程序,对混凝土路面破坏类型,引起破坏的原因和产生病害的机理作全面深入的分析。这些破坏病害虽在重庆地区的特殊环境下产生,但同时又具有一定的代表性,因此,对其他地区混凝土路面典型结构设计和混凝土路面的破坏原因分析仍有一定的参考价值。

第一节 水泥混凝土路面病害调查

随着三峡库区的开发建设和国家西部大开发战略的实施,重庆市近年来的公路建设迅速发展,据统计,截止 2000 年底,全市行政区内有路面公路里程达 29 243km,其中高级路面里程 5 571km,水泥混凝土路面里程达 5 297km,占高级路面的 96.1%。这些高级路面的修建使重庆的公路状况有了显著的改善,提高了重庆地

区道路服务水平。水泥混凝土路面在重庆地区得到如此大量使用的原因有以下几方面是:(1)水泥混凝土路面强度高、稳定性好,使用寿命长,更能适应重交通的要求;(2)与沥青路面相比,水泥材料来源广、水泥混凝土路面施工工艺较简单、质量易于保证。因此对一些施工水平不高,工程费用有限的地区道路,业主更愿意使用混凝土路面。但由于种种原因(包括对混凝土路面结构组合不合理及受力特点认识不足,设计不规范等),有相当一部分路面通车后不久即出现了各种不同程度的破坏病害,造成了经济上的浪费,增加了养护维修费用,影响了道路的服务水平。

为了弄清重庆地区水泥混凝土路面提前破坏的原因,避免今后水泥混凝土路面结构出现类似的破坏,我们对重庆地区的混凝土路面病害进行了较全面的调查。并试图通过混凝土路面典型结构的路面设计方法,克服混凝土路面使用中存在的问题,规范和优化重庆地区的混凝土路面结构设计,使各地区进行路面结构设计时有一个可以参照应用的结构,保证混凝土路设计安全可靠,经济合理。病害调查工作分两阶段:首先是全面调查,通过表格调查形式向市辖区县交通部门发出调查表格,表格内容包括道路名称、里程、通车时间、交通量、路面结构形式、材料及尺寸,病害状况描述等,然后对回收表格资料进行统计分析,了解各地区路面结构形式、路面材料种类、病害类型及严重程度等,对全市的路面结构形式,材料种类和病害情况作评估分析,同时为选择现场重点调查路段和典型结构材料选择提供依据;第二阶段是在对第一阶段表格调查成果统计分析和评估的基础上,确定现场调查路面结构和路段,进行现场调查、测试和试验,具体方法如下。

一、路面使用状况的普查

全面调查采用函调的方法进行,通过重庆市公路局全市区县交通部门发出路面结构调查表格,并说明调查目的和填表方法,要求填表单位认真填写并加盖公章。这次调查收回 27 个地区(县)共 73 条道路的混凝土路面结构及使用状况的调查表格,对表格调