

工程技术论文集

建院二十周年纪念(1975—1995)

江西省交通设计院

1995.10.南昌

江西交通设计院廿年誌庆

兰因织
锦绣

宋雄
九五九

工程技术论文集

1995年10月

主编：车宇琳

副主编：漆仕良 徐厚福

编委（以姓氏笔划为序）

车宇琳	王悦亲	邓振胜	文斌珊	吕品珍
陈国垣	罗细雅	洪立维	栾虹	郭光琛
徐厚福	舒敬棠	漆仕良		

卷首语

《论文集》在建院二十周年之际问世，值得庆贺！

《论文集》是二十年来广大科技人员辛勤汗水的结晶，是科技工作的总结与升华，是科技成果的检阅，她的出版必将进一步推动我院科技进步向更高、更快、更广的方向不断发展。

「业精于勤，成于思，荒于嬉」，科技人员做完一项技术工作，能勤于思考，归纳总结，必有所得。若见诸文字，系统条理化，再到实践中去探索、分析、提高，形成观点、理论，于人交流经验，于已不断提高，十分有益。

改革开放以来，交通建设蓬勃发展，科学技术日新月异，这对我们来说，既是机遇，又是挑战，我们应奋发努力，自强进取，不断攀登科技新高峰，用我们的智慧和汗水，为交通建设做出新贡献！

谨此致贺。

王振民

工程技术论文目录

道 路

渣油路面的无土砂砾基层	(3)
沿河路线的选择	(11)
浅谈公路线形设计	(15)
采用动态观测辅以经调方法进行公路建设项目可行性研究	(22)
一、二级公路技术改造标准的掌握	(26)
试谈我省近期公路建设的重点和建设项目排序的优选	(28)
吉安至遂川段二级公路改建工程设计	(35)
高等级公路路面设计的实践与体会	(39)
对我省旧路改造若干技术问题的探讨	(48)
科威特韦伯索公路加筋土挡墙施工	(53)
对我省路面典型结构和参数试验研究的探讨	(57)
木家垄互通立交线形设计	(67)
昌九汽车专用公路扩建设计方案的选择	(72)
立交水滴形环圈匝道线形设计	(79)
对高等级公路线形设计谈点体会	(81)
谈谈高等级公路沥青路面的高温稳定性	(84)
注浆工艺及其在公路软基加固中应用的介绍	(87)
计算机在公路工程试验应用中的尝试	(93)

桥 梁

浅谈桩基计算《K》法存在的问题	(103)
预应力混凝土斜腿刚构受力分析	(110)
桥梁选型和创新	(115)

对我省公路桥梁发展的回顾和认识 (121)

丰城市赣江大桥设计特点 (128)

QC 小组对昌九公路拓宽工程中桥台设计攻关 (133)

李家岭公铁立交桥设计与施工小结 (136)

樟树市赣江大桥设计介绍 (140)

吉安赣江大桥 V 形墩连续梁桥设计 (146)

六甲洞隧道设计 (151)

宜春袁州大桥中承式钢管混凝土拱设计 (156)

九江鄱阳湖口大桥方案设计介绍 (161)

南昌银三角互通立交设计 (166)

高安大桥主桥顶推连续梁设计 (172)

航 道

用底墙整治航道沙质浅滩 (179)

对“全国内河通航试行标准”设计最高通航水位的某些商榷 (183)

整治河段水位和流量关系变化及水位站通航设计水位的确定 (187)

万安电站单独运转期间对航运的影响 (191)

信江航运建设可行性研究中航道工程的坝线选择与枢纽布置 (197)

昌江渠化工程凰岗枢纽简介 (205)

赣江南昌港河段航道整治工程设计 (208)

赣江南昌至湖口段航道整治实践中几点体会 (218)

昌江渠化工程鲇鱼山与凰岗枢纽联合运行研究 (224)

信江航运工程界牌枢纽船闸设计 (231)

港 工

龙头山煤码头设计 (241)

樟树港码头设计施工 (243)

樟树港重件码头 15/3 吨桥吊的钢梁、主柱与基础的设计 (250)

沉管基础在吉安港肖家码头的应用 (255)

某部队码头工程设计 (260)

万年港、九江化纤厂码头、阎家渡港结构设计 (263)

土 建

城市桥梁中三柱鼎立的独立式螺旋悬臂楼梯的设计及计算 (273)

无梁楼盖下悬挂两层甲板层特种结构形式的尝试 (285)

测 量

对测量计算中“单进双不进”的探讨 (293)

河流水准测量的精度分析 (294)

红外仪测高精度分析与试验简介 (296)

水 文

对桥前壅水试验研究途径的探讨 (305)

无资料地区大中桥流量的计算 (311)

沿河路堤设计洪水的推求 (322)

工程地质

绿水河上游复航工程与水土流失问题初步讨论 (331)

国道 206 线南丰县境内红层特征初探 (334)

钻孔孔口止水新工艺 (338)

樟树大桥岩石地基工程地质评述 (341)

绿水河上游复航工程与水体水质变化 (344)

浅层地震勘探在隧道勘察中的应用 (346)

电测深在大桥工程地质勘察中的应用 (350)

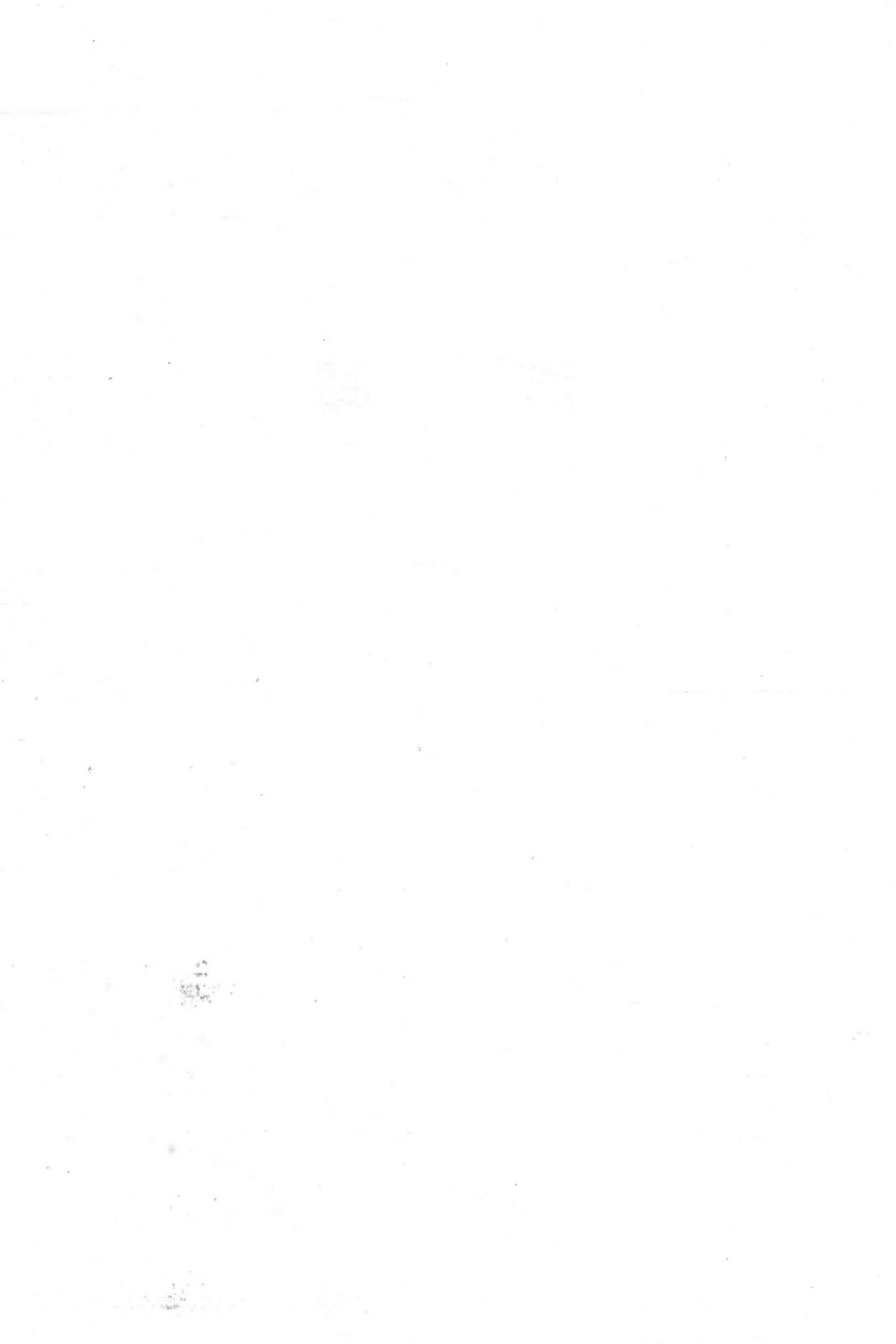
电 算

平面杆系有限元程序中两个数学模型的探讨	(359)
公路柔性路面老路补强三参数公式回归分析通用程序	(364)
立交匝道线形 AUTOCAD 解析设计法	(367)
回旋线板制作技术	(376)
红外仪配合 PC—E500 测设中线的实践	(381)
公路平面线位放线程序	(383)
电算在内河码头结构设计中的应用	(388)
CAD 软件编制模式的确立及实施的构想	(392)
CAD 软件界面设计技术	(399)
浅谈提高绘图软件的柔性	(402)
涵洞绘图软件 HDCAD 介绍	(409)
计算机病毒的防治技术	(412)
恢复被破坏的分区表	(419)

译 文

宽河桥前壅水	(427)
断面流速的分布对桥前壅水的影响	(438)

道 路



渣油路面的无土砂砾基层

李克湘 陈国垣 等

一、综述

江西干线公路绝大部分标准很低,在平原水稻田垅地带有许多是“就地爬”的路基,田路不分甚至田比路高,我们将这类地带称为Ⅲ₂地带。原有泥结碎石路面也较薄,每逢雨季,坑槽累累,路况急剧下降。一九七三年以前在这些路段修建渣油路面,采用泥结碎石补强,效果不好,有些是当年修当年坏,很多是下半年(干季)修,上半年(雨季)坏,而且是大面积的损坏。某些路段在三年内铺了三次,就失败三次,影响极坏。一九七三年三月省公路局组织了一个油路检查组对南昌至井冈山线二百多公里油路进行了一次比较全面的鉴定,通过一个多月的挖坑检查、材料试验、讨论分析,并分别召开了沿线九个县(市)参加油路施工养护的工人、基层领导干部和技术人员组成的座谈会,一致认识到泥结碎石补强层含泥量大(30~42%重量比)结合料分布不均,致使泥结碎石补强层“补而不强”,是几年来油路大量损坏一个很重要的原因。损坏原因是找到了,但对今后如何减少用土量,如何降低0.5毫米以下细料的塑性指数,仍然没有把握,再加上我省缺少12~15吨的重型压路机,补强层压实度不足,因此,在减少用土量和降低塑指后,松散又成了主要矛盾。一九七三年九月,就在上述油路检查结果的基础上,并在交通部第一工程局介绍山区修油路的施工经验的启发下,修了一段无土砂砾基层试验路,并写出了《稻田地带修筑油路的一个合理基层结构》一文,(副标题是“用纯砂砾、卵石铺筑油路基层的试验”),一九七四年通过我省在上高召开的油路建议经验交流会,对油路基层水稳性问题有了更普遍深

人的认识。在学习先进兄弟省市的好经验基础上,多数采用了水稳性良好材料做油路基层结构。石灰土、二渣、二渣土、窑脚灰土、泥灰结碎砾石、天然砾石土惨灰等等都进行了试验。无土砂砾基层在一九七三年580米试验路的基础上,也引起普遍的注意,一九七四年全省铺筑了无土砂砾基层油路三十多公里,其中铺筑得最多的是萍乡公路总段,达17.6公里,宜春公路总段安义段铺筑了7.3公里,其余各总段也铺筑了几百米至一、二公里不等的试验路段。由于一九七四年全省采用了各种水稳性良好的油路基层结构,就地取材,油路完好率得到了进一步的提高,油路造价也得到了较显著的降低,收到了可喜的成效。

在各种水稳性良好的油路基层结构中,通过一年多的实践,通过对比,究竟那种结构更好,更能适应我省的具体条件?各地、县的条件不同,体会不同,答案也就不一样,甚至答案是相反的。相当多的县市认为:灰土结构好是好,板体性强,补强效果高,但是雨水多,施工困难,土壤粘性大,拌匀困难,尤其是没有重型压路机,压实困难。好虽好,可惜难得做好;无土砂砾不怕下雨,不需拌和,通过大量洒水,轻压路机也能压实。能够做一公里,成一公里,保一公里;因此,今后有条件的地方要多做无土砂砾。他们这样说,一九七五年也就这样做了,全部或大部采用无土砂砾的有十多个县,部分采用的就更多了,初步统计,约有150~200公里,(包括手摆片卵石、无土砂砾灌缝的结构),大有一刀切,取代从前的泥结碎石结构的趋势。但是萍乡总段和宜春总段的上高段,他们既做成了灰土基层,也做成了无土砂砾基层,因此他们的结论是:

在严格要求,确保施工质量的前提下,同厚度的灰土和无土砂砾比较,其补强效果,前者大于后者,究竟如何取舍,应作出技术经济比较,才能决定,这是比较客观的判断。省公路局于一九七五年八月专门组织了无土砂砾基层技术状况调查组,进行了一些试验、分析。调查结果表明:萍乡、上高的判断是客观的,调查结果也说明了,无土砂砾基层为什么能够在短短的两年时间内,迅速推广,全省开花,为广大基层的工人、干部和技术人员喜爱,是有许多因素促成的。

首先,它适应了江西的特定施工条件;施工期间雨水多;缺少重型压实机具;在6米路面范围内要一边施工,一边维护交通,路上备料,路上拌和,行车、施工互相干扰很大。在这样的施工条件下,采用灰土类基层结构,的确是困难较多。稍一放松,就会发生质量事故,搞得不好一翻到底全部损坏。上高养路段有一部重型压路机,能够使灰土得到设计要求的压实度,灰土质量良好。萍乡公路总段规定,要在七月以后才搞灰土,经过人工筛拌,除去粘土团块,而且压实厚度多在十二厘米以下,虽无重型压路机,也保证了一定的密实度。除此之外,灰土成功的例子就不多了。反过来,失败教训的例子却是很多的;进贤段灰土碎石由于旱季缺水,用6吨压路机碾压不实,大面积损坏的有三公里多;南康段的灰土砾石,赣县段的二渣,也由于碾压不实,几乎过半翻掉。有些同志诉苦似的说:“灰土灰土,雨季不敢捂(做),旱季挑水苦,没有重型压路机,吃了苦中苦,还是修不好油路。”对于无土砂砾基层来说,情况就有所不同;它不怕雨,需要雨,欢迎下雨,雨水帮助它在较短时间内达到密实稳定。这次调查资料说明,无土砂砾基层的干容重达到2.2克/立方厘米以上的占大多数。有的同志高兴地说:“老天爷来帮修路,你要浇水他下雨,虽然缺少压路机,仍然保证密实度。一边进料一边铺,干净利索修油路”。无土砂砾受到欢迎的第二个原因是由于它水稳性好,不怕水淹水泡,能适应原来路

基低洼的条件,如今年南全线万家埠桥一带,水淹深度2米以上,淹没时间持续两天两夜,水退后,大量车辆通过,路面仍然完好。(有两个缺口,因路基冲毁,路面跟着损失。)同时,对一些路基湿软严重,显出弹簧状态的路段,没有对路基土进行加固处治,铺上无土砂砾补强层和油面后,虽然弯沉值很大,但保持一定的平整度,虽然裂纹严重,却不致影响行车,也没有迅速恶化。如清萍线174^K+920一段现测弯沉值达190,一九七三年修,至今仍然完好;南东线117^K+893,现测弯沉值190,严重网裂,一九七三年冬修基层,一九七四年铺的油面,通车情况良好,最突出的是清萍线176^K+710,一九七四年修,现测弯沉值高达356,严重网裂,有弹簧现象,但路面一年来保持平整,不扩大,也不影响行车。养路段的同志说,如果是别种结构,老早翻掉了。我们挖验了这一断面;粉性土,相对湿度0.89E。计只有168(kg/cm²),原有路面为9厘米泥结碎石,实测 $I_0=434$,在其上只铺了10厘米的无土砂砾补强层,3厘米焦油表处。这些例子说明,无土砂砾基层对于软弱路段的适应能力是强的,虽然补强后的强度远未达到设计要求,也不致于很快出现坑槽破坏,仍能保持平整,保证正常通车。第三个原因是就地取材,节约运力、降低造价、有利于大搞群众运动。景德镇市提供了一个最明显的例子,他们从七二年到七四年只修油路13.2公里,每公里造价达三万五千到四万五千元,碎石砾石要向沙石公司买,买了要靠汽车分运,运到路上要靠专业队伍铺,由于受到运力、劳力的限制,每年只能安排4~5公里。75年在74年试铺一公里无土砂砾基层的基础上,尝到了甜头,下决心一年铺20公里,全部都是无土砂砾和手摆片石砂砾灌缝,运距1~2公里,大搞群众运动,板车运料,不用汽车,每公里基层造价平均6,000元,最高9,000元,最低4,000元,只合到以前造价的三分之一到四分之一。进反快,抢在雨季施工,到六月间,别的工地刚刚开始,他们却做到时间过半,完成

任务过半。第四个原因是无土砂砾基层对渣油泛油不敏感,即使油石比超过7%,也还不致于泛油严重。在全部调查路段中,除南小线丰城一公里每平方米表处用油5.5公斤,显得油量过度外,其余各处,皆无大量泛油迹象,清萍线175K+320,油石比达11%,时当八月酷暑,路面显轮印,但仍无粘轮粘鞋情况。相反的,南东线117K+877原用油石比为6%,未洒透层油,挖验油面油石比只有3.7%,普遍呈现枯油现象(可能是由于油料下渗的缘故)。第五个原因是无土砂砾基层对渗水的油面不敏感。我省洒油机具不足,多数工地习惯于采用冷拌冷铺的表处,由于矿料中油料含量不足,雨水易于涌入基层,这对泥结碎石结构和密实度不足的灰土类结构来说是一个灾难,最易引起基层破坏,但是无土砂砾有一定的持水能力而又不致降低强度,从而保证油面不致于跟着基层破坏而损坏。许多工地在Ⅰ类地带也放弃泥结碎石结构,宁愿采用无土砂砾结构,就是这个原因。

经过两年多的实践,无土砂砾基层在大搞群众运动中得到了很快的发展,取得一定的成绩,在设计方法和施工工艺方面也有所发展,有所前进。但由于我们对总结提高工作,做得很差,很不及时,这种结构型式在少数工地发现有滥用的情况,结构是产生了一些病害。有些地方的无土砂砾材料中,1厘米以上的粗颗粒过少,补强效果较低;有些小河沟的无土砂砾,质体较软,碾压成粉;更严重的是采用手摆片石,细沙(带土)灌缝,油面铺在沙土夹层上,不但强度不足,容易产生拥包,而且油面与基层结构不良,容易产生揭皮;还有的地方为了便于稳定,将无土砂砾的粗料细料分开,下面铺粗料,上面铺细料,形成倒装结构,大大降低了强度,以上偏向,皆需及时纠正。

无土砂砾基层这一名称是不够确切的,容易产生误解,因为大于2毫米粒径者为砾,2毫米至0.02毫米粒径者为砂,命名为砂砾,很容易被误认为是一种只能作垫层

的材料。同时“无土”二字也不确切,根据此次调查材料淘分的结果,粘土粒含量占0.5毫米以下细料的1~5%,粉沙粒含量占12~48%,0.5毫米以下混合料塑指,一般为1~4,最高者达5.1,不能说是绝对“无土”。是不是可以改称级配砂砾?也不恰当,因为改称级配砂砾又易与以往习惯使用的级配路面材料相混,易被认为是一种非水稳性材料。其实,在一九七三年铺筑试验路时,在试验小结上被定名为“纯砂砾卵石基层”,各地、县不习惯这一冗长名称,改称“无土砂砾基层”,这样便普遍叫开了。宜春地区的同志们却喜欢叫“干压石”,也不确切,干压无法压实,实际上是“水压石”。任何名词,如果不加定义,也很难包括全部内容和意义,因此我们还是采用“无土砂砾”这一广为群众所习惯了名字。

“无土砂砾基层”的定义是:它是符合一号级配,0.5以下混合料含量不超过25%,塑指不大于5的水稳性良好和具有一定强度的油路基层结构。这一定义是根据这次调查试验分析的结果得出来的。

二、调查分析资料

无土砂砾能够用来做水稳性良好的渣油路面基层,这一性质已经被一九七三年的试验和两年来广大基层群众的生产实践所证实,已是没有疑问的了。但是由于我们所修筑的试验路,工作没有做好,其后的各地(市)县的生产实践中,科学实验工作,也没有紧紧跟上去,因此两年来还只是停留在感性认识阶段,定性而未定量,更谈不上“实践、认识、再实践、再认识”,从而将它上升到理性认识阶段。比如说,一九七三年试验路,在设计时是假设它的补强效果方面相当于泥结砾石。在铺试验路后进行小结时,得到“这种基层,具有一定的强度,作为补强层,它具有一定的补强效果,它相当于泥结砾石或略比泥结砾石强一些”的初步结论。今天回过头来审查原来小结资料,由于测点少,资料不完全,小结结论就并不是那么明确有力的,还不免带有主

观,凑合的成分。无土砂砾的级配要求虽然罗列了一些数据,但是对粘土粒的限制,塑指的限制,干容重的要求,切合这种材料和补强效果的设计计算公式和参数,如何看待一些同志提出的无土砂砾可能为土基污染的问题,干稳性不良问题,油面沥青渗漏到基层形成油面枯油的问题等等,都没有得到明确的交待,也因为这样,就必然会影响无土砂砾基层的进一步发展,对基层生产不能起到应有的指导作用。针对这种情况,遵照毛主席关于“要认真总结经验”的教导,我们就 1975 年的调查资料分析如下,供各地参考:

1、关于 0.5 毫米以下细料含量,粘土粒含量,细料塑指的限制。中央交通部部颁标准《公路路面设计规范》(JTJ004-66)第 22 条碎砾石基层的种类和要求中,曾提出“作为沥青路面的基层时,材料中小于 0.5(基层 10~25%)和 0.074 毫米(基层<5~12%)的颗粒含量及塑性指数(不大于 4~6)应严格控制,对于冰冻地区及潮湿路段上尤应注意”。在这次调查研究工作中,我们十分注意了这一问题,因为这些资料会明确答复为什么无土砂砾属于水稳性良好的材料。一九七三年试验路小结中,0.5 以下细料含量最大的只有 9.8%,我们就片面地将它限定在 10%以内,用来说明它不同于一般级配路面,更不同于北方的含土天然砂砾路面。经过这次调查分析,由于取样较多,并普遍做了淘分和塑指试验,得到了比一九七三年合乎实际的结果。小于 0.5 毫米的细料含量平均为 14.8%,最大的达到 23.2%,低于部颁规范的规定;<0.05 的含量平均 3.8%,最大为 9%,也低于部颁规范的规定:<0.5 混合料塑指平均为 3.1,最大 5.1,相当于部颁规范规定的 4~6%的下限。至于粘土粒含量只占 0.5 以下颗粒的 1~5%,例如南全线 49^k 至 600 粘土粒含量最大达 5%,但<0.5 的颗粒含量只占 11%,所以粘土粒含量只占无土砂砾总重量的 0.55%,塑指为 4.1。最后我们认为:无土砂砾中<0.5 毫米颗粒不大于 25%,<0.05 毫

米颗粒不大于 10%,<0.5 毫米的混合料塑指不大于 5,就具备了水稳性良好或较好的条件,就能用来铺筑各种地带类型的油路基层。通过调查还说明,在一般河流中挖取的砂砾绝大多数能够具备上述条件。对于河滩上积有污土的砂砾料场,只要将上层污土铲掉,其下的砂砾也多数属于具备上述条件的材料。

2、压实问题。有些同志提出,无土砂砾难以压实,某些重点工程是靠重型振动夯压机具来压实的,地方上缺少这些机具设备,可能无法压到足够的密实度。我们连 12~15 吨的压路机也很少,但是通过浇水碾压,8 吨压路机也能够解决问题,南小线丰城段铺的无土砂砾基层,在洒铺透层油后,开放交通,每天折算成解放牌的交通量为 1968 辆,其中重型车辆有 90 辆次,通车 11 个月,没有发现显著变形,可以证实这一点。虽然一定级配的无土砂砾的最大密实度,我们还无法求得,但是从南小线丰城段取得的三个试样看来,用挖洞灌标准砂的简单方法求得的干容重一般均可达到 2.20 以上,它们的密实度是比较大的。初步看来,能够适应一般的交通量和重型车辆的要求,不致于产生招致油面损坏的垂直变形。只有在无土砂砾补强层较厚,培槽较深的地段,应该注意新培路肩的压实,否则会发生无土砂砾向外推移的情况,边缘部分密实度不足,油面容易产生松散啃边。

3、级配问题。按密实原则构成的无土砂砾基层,颗粒大小和级配将成为决定强度的主要因素,我们曾试图从颗粒大小、级配、密实度几个因素找出我们同材料强度指标 E_1 值或 β 值的关系,得到几种不同的级配,代表几个不同强度的指标,供设计补强层厚度时分别采用,象 1 号级配 $E_x = 900 \dots$ 那样,但由于试验结果比较分散,找不到一定的规律性。(可能是由于测点还太少, E_1 值 β 值也不够准确的缘故。 E_1 值和 β 值是根据当时实测的 L_0 和 L_1 反算求得的。)但是从筛分的结果可以看到,全部试样都能符合级配路面底层

一号级配的最低要求,所不同的只是颗粒成分较粗,0.5以下颗粒含量较少,塑性指数较小而已(附图1)。因此,我们将无土砂砾定义为“符合一号级配要求”。它的强度也就可能接近1号级配。即 $E_x=1000$, $E_H=2.2E_x=2200$ 公斤/平方厘米,这与全国各单位基层材料回弹模量测定值汇总表中级配砾石的2155是接近的,可以作为推荐无土砂砾强度指标的参考。

4、补强层设计公式与参数。我省三年来设计补强层厚度时都采用山西会议公式 $h=\beta(\lg \frac{l_0}{l_s})^n$,其中 β 、 η 值采用上限。今后参照全国24单位编写的《柔性路面设计方法计算参数》,当改用经验法的三参数公式和理论法。因此,在我们的调查分析工作中,大量的工作都集中在决定三参数公式中的 β 值和理论法中的材料强度指标 E_H 值上。调查分析工作包括:(1)在油面上测回弹弯沉值 L_1 ;(2)挖开油层,量取油层厚度,检验油石比,与施工时油石比对照,观察透层油所起的作用与透入深度;(3)挖取无土砂砾,用回填标准砂方法,求出无土砂砾含水量与干容重;(4)全部挖除无土砂砾补强层,测原路面上的回弹弯沉值 L_0 ;(5)挖验原来泥结碎石砾石路面量其厚度,取样检查其细料含量与湿度;(6)在0~80厘米深度范围内,取样检验土基的相对含水量 W/W_y ,用环刀法及长杆贯入法决定其密实度 K ,并由试验决定路基土类,算出 E_0 值;(7)用钻杆测出地下水位高度;(8)由测得的 L_1 和 L_0 ,反算 β 值和 E_H 值;(9)筛分无土砂砾,并求出0.5毫米以下的混合料塑指;(因塑指很少,除其中一个塑指为5.1的样品直接用原样求得外,其余皆系掺和50%的粘土,求出混和料塑指再行反算求得的。)测弯沉值时,凡遇有疑问的,都复测2~3次,挖取无土砂砾后,原路面比较平整,没有受到扰动,弯沉值比较可靠。需要说明的是,这次调查测了弯沉值 L_1 的点子很多,(每100米一点),但大部分皆在70以内,如果全都要挖

开油面和补强层并测出 L_0 ,工作量实在太,因此我们只分线、分料场选挖了二十人点。其中有几个点是有疑问的点,如弯沉值大(190、192、162、130)但油面完好,一个点有弹簧现象,(弯沉值356),但仍然平整,网裂而不破损,一个点枯油(弯沉190,油石3.7%)这些点子都是为了查明原因才挖验的。但这样就显得有病害和弯沉值较大的点子所占比例太大了。这是我们的选择测点时考虑不周之处,可能对 β 值和 E_H 值的选定有影响。在计算 β 值时,数值显得分散, β 平均值23.1最大为35,最小为16。因为我省今后将较多地使用经验法,因此以 β 值为主要考虑的对象,将 β 值去掉过于分散的数值,即去掉大于和等于27的点子共6个,也同时去掉小于和等于18的点子7个,共保留15个点子,使之能在较均匀的情况下进行统计,否则统计结果将毫无意义。

$$\text{剔去较大较小值后,得 } \beta = \frac{339}{15} = 22.6 \\ \delta = 2.4$$

$$\beta \text{ 值} = \beta + \delta = 25 \quad \text{或 } 23 \sim 27$$

$\beta = 23 \sim 27$,此值与《柔性路面设计方法及计算参数》中表4-12天然级配砂砾料的数值22~26相近,表中材料规格栏注明了粒径符合1、2号级配要求,而我们定义无土砂砾则符合1号级配要求。最后建议无土砂砾则符合1号级配要求。最后建议无土砂砾的 β 值为21~25,以免与表4-12(11)号数值矛盾。无土砂砾的细料塑指为1~5。(表4-12未给出此值,无从比较。)

E_H (即路面基层材料回弹模量,亦即汇总表中的 E_1)平均值为3111最大值为6750,最小值为993,比 β 值更为分散,若剔除异常点后其平均值为3280,均方差为1176取一倍均方差的下置信限 $E - \sigma = 2104$ 。最后我们再与上节的推论相比,即 $E_H = 2.2E_x = 2,200$,基本相符,因此建议 $E_H = 2,200 \sim 2,400$ 公斤/平方厘米,这与《柔性路面设计方法及计算参数》表5~46中泥结碎石(潮湿)

的材料回弹模量一样。所不同的是无土砂砾适宜于做黑色路面基层,而泥结碎石一般不推荐作Ⅱ、Ⅲ类地带的黑色路面基层罢了。

5、其他几个问题。即无土砂砾是否存在干稳性不良问题,是否会受到路基土的污染问题,是否对水平力抗力不够问题,渣油是否会因下漏而引起油面枯油干裂问题,透层油是否需要的问题等等。这些问题和无土砂砾能否压实稳定的问题一样,是许多同志关注的事,在这次调查中,也注意了这些问题。从调查资料看来:①江西不存在干稳性的问题,在全部无土砂砾试样中,皆有一定的天然含水量,最大的是 6.38,最小的是 1.43,多数在 2~3% 之间,挖坑时,坑壁垂直,密实稳定。1 号测点系在桥头引道上,路堤高 2.40 米,无土砂砾天然含水量 2.53。Ⅱ、Ⅲ类地带,含水量就更大了。土基湿度也较大,最大的 $W/W_y = 0.89$,最小的 $W/W_y = 0.55$ 。南方雨水多,我省属东南湿热区,潮湿系数 1.00~2.25,再加上无土砂砾在辗压成型阶段,经过大量浇水,而在表面干燥时,即浇洒透层油或修铺油面,这些都是使得无土砂砾保持一定含水量的原因。②污染问题,从全部挖坑情况来看,尚无污染迹象。无土砂补强层加铺在原来行车多年的泥结碎石层上,不会受到污染是明显的,即令是铺筑在加宽路面部分的原来路肩上,由于路肩通过多年养护,已经成为砂砾稳定土壤,从个别挖坑情况观察,无土砂砾补强层和原来的砂砾处治路肩,层次分明,也没有污染现象。我们设想,如果在田垌地段用田泥修筑新路基;应根据土壤情况,铺筑砂砾垫层,压实后再铺筑无土砂砾基层,以防止污染。③无土砂砾基层和 2~3 厘米的表处,是否能抵抗重车的水平推力,是我们一直最担心的问题。但从南小线丰城段一九七四年修筑的无土砂砾基层,浇上透层油后,维护通车十一个月,每天交通量达 1,968 辆次,其中重型车辆 90 辆次,尚没有发现路面推移、揭皮、大量拥包的情况。一九七五年加铺油面后,工人们都满怀信心地说,透层油能使无土

砂砾经受得起十一个月两千车次的考验,铺上三厘米油面层就更好了!但是这仅仅是推测性质的,今后还要做一些重型车辆的急刹车试验,进一步求得可靠的数据。第 18 号测点,南全线 52K+700,油面虽然完好,但有少量拥包,经挖验,通过 10、5、2、0.5 各筛孔的砂砾都比其他测点的多,可能是粗骨料偏少,水平抗力不足,引起拥包,但渣油表处厚达 4 厘米,也可能引起拥包,两者中那一个是主因,尚未能判断。此处我们检查了南小线南昌段一段手摆片石细沙灌缝的油路,已经出现严重的波浪,虽未挖验,但从已经损坏的坑洞观察,已能断定,细沙层抗水平力强度很低,容易产生波浪,象沙土磨耗层因强度不足而产生的排骨路一般。④无土砂砾基层会不会因油料下渗引起油面干裂的问题,根据调查结果,答案是肯定的。上高养路段南东线上 117+500 至 118+000,无土砂砾基层未洒透层油,油面施工时的油石比为 5.5~6%,不到两年,即发生严重网裂,(但路面无变形)油层主矿料碎石外露,雨水渗入基层,虽不至影响行车,但使用寿命不会长,挖验油层的油石比为 3.7,(该段油面矿料 1~3 厘米碎石过多,细料很少,也是严重网裂,粗碎石露骨的原因之一。)无土砂砾基层顶面也有油渍现象。同一路线 117+000 附近五十米,无土砂砾上洒了一公斤透层渣油,油面就显得平整坚实,毫无干枯裂纹。从南东线 117k 两处对比路段说明,浇了透层油则不会发生。通过这么多的挖坑检验,有透层油的和没有透层油的对比,我们断定,有比没有好得多,稀渣油透层油能渗入无土砂砾基层 2 厘米,当透油与卵石接触时能沿着卵石表面下渗,最深的下渗到 4 厘米,油面层与基层顶面砂砾结成一体,很难分开层次,这就大大增加了抵抗水平力的强度,如 1、2、3、21、22、23 号测点洒了透层油的,皆有此情况;反之,8 和 11 号测点,未洒透层油,油面一揭就起来,象揭锅巴一样,油面和基层顶面截然分离。(一方面是完工不久,油料未下渗之故),这是我们肯定

透层油的一个原因。其次在无土砂砾其层浇水碾压,初步稳定成型,表面干燥后即洒上透层油,撒上小砾石,便于通过行车碾压,得到较大密实度,而且可以大大减少养护工作量,得到较大密实度,维护无土砂砾基层,使之保持合乎标准要求的平整度,如果不洒透层油,平整度就难以保证,还会使油层厚薄不均,缩短油路使用寿命。

三、补强设计步骤与算例

我省几年来在原有泥结碎砾石上修筑渣油路面,多数地(市)县都能够根据弯沉测量,按《渣油路面设计、施工、养护须知》规定,进行补强层厚度计算,决定补强层厚度。但大多数都没有考虑十年远景交通量,采用山西会议公式时又系选用上限系数(β 值的较小值),再加上求算 L_0 代时,原采用测点控制法,因此计算结果一般偏小,全省平均值在 14 厘米左右,较之“河北 18, 山东 16”,我们的补强厚度是普遍不足的。通过这次挖验调查,28 个测点,补强平均厚度(包括油层)为 14.6 厘米,无土砂砾厚度平均不到 12 厘米。加上原路面厚度一般皆小于 30 厘米,强度明显不足,这是我们今后要认真对待的问题,以免三、五年后,就要再次补强,造成更大的浪费。有些工地在设计时,强调投资限制,说什么“看菜吃饭。”“明知厚度不足,完成任务要紧。”是错误的。这一偏向必须迅速纠正。

旧路补强设计步骤如下:

(1) 根据目前统计交通量及其组成,推算十年后折算成解放牌的交通量,(采用表处,如采用贯入式,则应推算 15 年远景交通量。)由远景量决定容许弯沉值 L_s 。

(2) 在不利季节每 50 米一点,实测沿线弯沉值,遇弯沉值特大处,应查明原因,在该点前后另加测点,以便作特殊处理。如系在非不利季节测定,则应换算为不利季节的弯沉值,并考虑必要的安全系数,对无土砂砾基层,只考虑 III 地带的衰变,这样就可定出原路计算弯沉值 L_0 。

$$(3) \text{按公式 } \frac{h}{\beta} = L_s^{-0.25} \left(\frac{L_0}{L_s} - 1 \right)^{0.4}$$

或《柔性路面设计公式及计算参数》图 4~10, 得出 $\frac{h}{\beta}$ 值, 根据无土砂砾质量选取 β 值。 $\beta=21 \sim 25$, 一般用 $=23$, 即可算出补强厚度。

(4) 如按理论法计算, 则用公式 $E_0 = \frac{2P\delta}{L_0} (1 - U_0^2) \alpha$, 求得原路回弹模量值 E_0 , 并采用无土砂砾 $E_1 = 2,200$ 查图 5-10, 即可确定补强层厚度。

兹举例如下:

赣中某线 42+500~43+450 一般属 III 地带, 路基土壤为沙质粘土。原路面结构为泥结砾石, 平均厚度 12 厘米, 现有混合交通量为 1,594 辆, 按其组成换算成解放牌并推算十年远景交通量为 1,728 辆。采用 3 厘米三层层铺表处。

$$\text{容许弯沉值: } L_s = \frac{360}{N_{10}^{0.19}} = 90$$

$$\text{代表弯沉值: } L_0 = 254$$

$$\frac{h}{\beta} = 1.3 \quad h = 1.3 \times 23 = 30 \text{ 厘米}$$

无土砂砾基层设计厚度 $= 30 - 3 = 27$ 厘米

如改按理论法计算。

$$E_0 = \frac{2 \times 5 \times 10}{0.254} \times 0.91 \times 0.712 = 255$$

公斤/平方厘米

$$\text{用 } E_1 = 2,200$$

$$\omega = \frac{L_s E_0}{2p\delta} = \frac{0.09 \times 255}{2 \times 5 \times 10} = 0.230, \text{ 由 } \frac{L_0}{L_1} = 2.82, \text{ 查图 } F = 0.78$$

$$\frac{E_0}{E_1} = \frac{255}{2200} = 0.116 \text{ 修正值 } \omega = 0.295$$

查图 5~10 得 $h/\delta = 3.0$ $h = 30$ 厘米
无土砂砾基层计算厚度 $= 30 - 3 = 27$ 厘米。

四、无土砂砾补强层施工方法及注意事项