

论实施多元化沥青路面结构模式的重要性

谢俊伟, 冼红英

(深圳市道路工程公司, 广东深圳 518020)

摘 要:结合我国半刚性基层沥青路面建设的现状, 分析了我国《公路沥青路面设计规范》的局限性, 论述了在我国实施多元化沥青路面结构模式的重要性。

关键词:沥青路面; 结构模式; 半刚性基层; 局限性; 多元化

中图分类号: U416.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2005)02-0030-03

1 概述

我国沥青路面结构基本上采用的是单一化模式, 即半刚性基层沥青路面。半刚性基层沥青路面有其优点, 但也有不可忽视的缺点。我们要利用其优点, 克服其缺点, 而不应该固步自封, 只采用单一化沥青路面结构模式, 应积极推进多元化沥青路面结构模式, 全面推进我国公路交通建设事业的发展。

2 《公路沥青路面设计规范》的局限性

2.1 弯沉指标存在的局限性

我国沥青路面结构设计的力学模式主要是控制表面弯沉作为设计指标, 其他指标其实没有起到实质性的作用。我国高速公路严重的早期损坏也从一定程度上反映了我国沥青路面结构设计的局限性。

半刚性基层容易产生温缩和干缩裂缝, 从而引起沥青面层的反射裂缝; 而沥青面层也容易产生低温收缩裂缝和疲劳裂缝, 因此水很容易通过路表裂缝和空隙及其他途径进入沥青面层, 且不能很快从基层排走, 在汽车载荷的反复作用下产生水破坏。由于积水等原因, 使基层与沥青面层成为不连续的状态, 往往使沥青面层处于不利的受力状态, 产生较大的弯拉应变, 加速了裂缝的产生和水损坏。还有许多路段, 由于高温稳定性能差, 在渠化重载交通条件下产生较大车辙变形。许多工程施工结束时, 竣工验收的弯沉值符合要求, 但路面仍然很快发生早期损坏, 可见沥青路面表面弯沉指标并不能对路面结构强度和设计年限起到决定性的控制作用。

2.2 设计理论和方法存在的问题

我国在进行路面设计时, 采用双圆垂直均布荷

载作用下的多层弹性连续体理论, 轮胎对路面作用的力学模式一直被简化为圆形垂直均布荷载的形式, 与实际情况相差很大。

同济大学孙立军教授等人研究表明: 在额定轴载下, 轮胎对路面的作用力学模式可以假定为均匀分布, 但超载的情况下荷载为凹型分布, 欠载时为凸型分布。表1是用三维线弹性有限元法计算了黄河JN-150在不同的力学模式和不同的路面结构下的最大弯沉值 l 和最大剪应力 τ_m 的值。

研究表明, 路面结构中超载后的弯沉值、剪应力、弯拉应力与该车额定轴载时的弯沉值、剪应力、弯拉应力之比等于超载后的轴载与额定轴载之比, 比值为 $1+m$, m 为超载率, 以百分数表示。规范规定的不同轴载的弯沉值换算公式如下:

$$l/l_i = (P/P_i)^{0.87}$$

式中: P, l ——100 kN 标准轴载及相对应的弯沉值

P_i, l_i ——非标准轴载及相对应的弯沉值

对比可见, 规范规定不同额定轴载时的弯沉值、弯拉应力之比为不同额定轴载比的0.87次方是偏小的。汽车超载相当于额定轴载累计数的增加。

以弯沉为指标时, 与过去的容许弯沉值公式联系, 由弯沉等效原则, 可得:

$$(P_1/P)^{0.87} \cdot (1+m) = (N/N_1)^{0.2}; \quad (1)$$

$$N/N_1 = (P_1/P)^{4.35} \cdot (1+m)^5$$

以半刚性基层拉应力为控制指标时, 由拉应力等效原则, 与过去的容许拉应力公式相联系, 可得:

$$(P_1/P)^{0.87} \cdot (1+m) = (N/N_1)^{0.11}; \quad (2)$$

$$N/N_1 = (P_1/P)^8 \cdot (1+m)^9$$

由式(1)、(2)可知, 超载后相当于额定轴载累计数 N 分别提高 $(1+m)^5$ 和 $(1+m)^9$ 。表2为不同超载率相当额定轴载累计数增加的系数。

由表2可知, 超载10%相当于额定轴载累计数提高到1.6倍或2.4倍, 超载40%相当于额定轴载

收稿日期: 2004-07-15

作者简介: 谢俊伟(1978-), 男, 湖北襄樊人, 助理工程师, 从事沥青材料试验检测和道路施工技术研究工作。

表 1 不同超载率时的最大弯沉值和最大剪应力值的计算结果

接地压力 分布形式	超载率 $m(\%)$	结构 a				结构 b				结构 c			
		l		τ_m		l		τ_m		l		τ_m	
		绝对值 (m)	相对值	绝对值 (MPa)	相对值	绝对值 (m)	相对值	绝对值 (MPa)	相对值	绝对值 (m)	相对值	绝对值 (MPa)	相对值
超载凹形 分布	0	0.507	1.0	0.370	1.0	0.688	1.0	0.326	1.0	0.822	1.0	0.353	1.0
	+20	0.608	1.2	0.444	1.2	0.825	1.2	0.391	1.2	0.986	1.2	0.423	1.2
	+40	0.710	1.4	0.518	1.4	0.963	1.4	0.456	1.4	1.151	1.4	0.494	1.4
	+60	0.811	1.6	0.592	1.6	1.100	1.6	0.522	1.6	1.315	1.6	0.564	1.6
	+80	0.913	1.8	0.666	1.8	1.238	1.8	0.587	1.8	1.480	1.8	0.635	1.8
欠载凸形 分布	0	0.523	1.0	0.376	1.0	0.698	1.0	0.339	1.0	0.833	1.0	0.368	1.0
	-20	0.418	0.8	0.301	0.8	0.559	0.8	0.271	0.8	0.667	0.8	0.295	0.8
	-40	0.314	0.6	0.226	0.6	0.419	0.6	0.203	0.6	0.500	0.6	0.221	0.6

表 2 不同超载率相当额定轴载累计数增加的系数									
超载率 m	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	
以弯沉为指标 时 $(1+m)^5$	1.0	1.6	2.5	3.7	5.4	7.6	10.5	14.2	
以半刚性基层 拉应力为指标 时 $(1+m)^9$	1.0	2.4	5.2	10.6	20.7	38.4	68.7	118.6	

累计数提高到 5.4 倍或 20.7 倍,超载 70%相当于额定轴载累计数提高到 14.2 倍或 118.6 倍!汽车超载会严重降低沥青路面的使用寿命,在不同额定轴载换算公式中未考虑超载因素是一个较大的理论缺陷。

2.3 结构类型单一化的弊病

沥青路面结构的发展应该是多样性的,而不应该只采用一种路面结构模式。许多省份和地区都希望修建一些柔性基层、复合基层及全厚式沥青路面等等。但是《公路沥青路面设计规范》却采用了弯沉这一唯一的指标,并且成为施工检验的重要方法,导致我们闭门造车,只能做成半刚性基层沥青路面,不能反映不同结构沥青路面的路用性能,更谈不上做对比分析和研究,严重阻碍了沥青路面结构多元化的发展,阻碍了我国公路交通建设事业的发展。

3 我国半刚性基层的缺陷

3.1 半刚性材料的干缩特性

水泥(石灰或石灰粉煤灰)与细颗土(中粒土或粗粒土)和水经拌和、压实后,由于蒸发和混合料内部发生水化作用,混合料的水分会不断减少。由于水分的减少而产生的毛细管作用、吸附作用、分子间力的作用、材料矿物晶体或凝胶体间层间水的作用和碳化收缩作用等会引起半刚性材料产生体积收缩,从而诱发干缩应力,在基层表面产生很大的拉应力,当其超过材料的抗拉极限应力时,就会产生干缩裂缝。虽然我们可通过养生和及时铺筑沥青封层来减少干缩裂缝,但我国半刚性基层的性质决定了我

们仍然无法有效控制干缩应力和干缩裂缝的发生,从而导致沥青面层的反射裂缝和对应裂缝的产生,加剧了沥青路面的早期破坏。

3.2 半刚性材料和面层不同的温缩系数

半刚性基层的温度变化率较小和温缩系数相对较小,因此其产生的温缩应力相对较小。而沥青面层一旦气温大幅度下降,则会在沥青面层中产生较大的温度变化率,从而产生较大的温度应力。由于二者不同的温缩系数,面层与半刚性基层的顶面是相互粘结,面层和基层的收缩会对双方产生附加应力,产生复杂的应力状态,加速沥青面层和基层的温缩裂缝破坏。

3.3 半刚性基层与面层界面的连续性

半刚性材料一般是不透水或渗水性很差的材料,这就决定了进入路面并到达基层的水不可能沿着基层竖向排走,而只能沿着沥青面层及其和基层的界面积聚、扩散,直接破坏了界面连续的边界条件,而层间接触条件的不同对面层底部的弯拉应力将产生重要影响。在此引用同济大学的研究结果来说明这一结论。假设层间的接触条件分为完全连续和完全光滑两种情形,并假设接触面上下两面 x, y 方向位移各自独立, z 方向位移相等。研究所用路面结构和在不同层间接触条件下的力学分析由表 4、表 5 所示。

表 4 研究用的路面结构			
结构层	厚度/mm	抗压力模量/MPa	泊松比
中粒式沥青混凝土	50	1200	0.35
粗粒式沥青混凝土	60	1000	0.35
水泥稳定碎石	200	1200	0.20
二灰土	250	500	0.20
土基	—	35	0.40

由此研究可知,层间接触条件的不同对结构层轮载位置下面层的最大弯拉应力的影响比较明显。如上述结构,载荷均匀分布, σ_x 由连续状态下的 0.002 24 MPa 提高到非连续状态下的 0.232 80MPa,

表 5 层间接触条件不同的计算结果

车型	接触条件	荷载分布	最大剪应力峰值/MPa 及其位置/mm	轮载位置下面层最大拉应力/MPa 及其位置/mm	
				σ_x	σ_y
黄河车	完全连续	均匀	0.263 43(±250.7, ±64.9, 0)	0.002 24(0, ±21.6, 0)	-0.051 62(±289.5, 0, -120)
		凹型	0.325 95(±250.7, ±64.9, -16.7)	0.014 09(0, ±21.6, 0)	-0.058 66(±0, 0, -120)
		凸型	0.338 89(±173.0, ±64.9, -16.7)	-0.009 62(0, ±21.6, 0)	-0.048 97(±289.5, 0, -120)
	完全不连续	均匀	0.368 82(±173.0, 0, -120)	0.232 80(±173.0, 0, -120)	0.338 15(±173.0, 0, -120)
		凹型	0.358 32(±173.0, ±64.9, -16.7)	0.190 07(±173.0, 0, -120)	0.324 66(±134.2, 0, -120)
		凸型	0.398 54(±173.0, 0, -120)	0.275 54(±173.0, 0, -120)	0.351 96(±173.0, 0, -120)

提高了 103.9 倍;而 σ_y 由连续状态下的一 0.051 62 MPa 提高到非连续状态下的 0.338 15 MPa,增长了 0.389 77 MPa! 从无受拉状态转化为受拉状态,急剧增大了弯拉应力,加剧了裂缝的产生和水损坏。

4 国外沥青路面发展情况

国际上在 20 世纪 70 年代以前,半刚性基层沥青路面得到了普遍发展,但后来柔性基层和全厚式路面却成为主流,半刚性基层沥青路面退居次要地位。

而且国外半刚性沥青路面和我国也存在着许多不同。我国的半刚性基层主要是承重层,而国外半刚性基层的作用主要是用在路基薄弱的地方,起加强路基的作用,而且在其上常设级配碎石层作为过渡层,从而优化受力状态和加强排水。我国工程界普遍认为半刚性基层刚度愈大愈好,水泥用量常常大于 6%,导致我国的半刚性基层非常致密,渗水性能非常差,国外为了改善半刚性基层的渗水性能,减少收缩,水泥用量常常较小,日本水泥剂量通常只有 2%左右。

半刚性基层作为承重层的设计思想往往导致路面的结构性破坏,维修极其困难,而且维修成本也非

常高。为了提高沥青路面的设计寿命,国外又出现了“长寿命路面(perpetual pavement)”的思想,它的设计思想是将路面损坏部分控制在路面表面层很薄的范围内,如温度疲劳开裂、车辙、表面磨耗、沥青老化都尽量控制在磨耗层,防止出现中面层以下的结构性破坏。表面层的损坏通过预防性养护进行补救,并定期进行沥青罩面或铣刨加铺,使路面的使用寿命达到 50 年以上,具有较好的经济效益。

5 结束语

我们应该重新审视一元化沥青路面结构模式的思想,全面修订《公路沥青路面设计规范》,修建一些柔性基层、复合基层及全厚式沥青路面等等,积极引进国外先进的科研成果,结合我国的具体国情,实施多元化沥青路面结构模式,加强开发与研究,在对比与实践中求进步,实现我国公路交通事业的跨越式发展。

参考文献:

[1]沙庆林.高等级公路半刚性基层沥青路面[M].人民交通出版社,1998.
[2]孙立军.沥青路面结构行为理论[M].同济大学出版社,2002.

介绍两种国外高性能混凝土的开发与应用

1 地下工程的防水混凝土

地下工程防水处理一般采用传统的防水材料,它存在着施工困难等许多弊端。国外开发采用硅粉、超塑化剂加入混凝土中制成优质的防水混凝土,节约了建筑费用,简化了施工工序,缩短了工期。新加坡 NgAnn 城中心工程首次采用这种防水混凝土,混凝土防水效果优良。这种采用防水混凝土的方法在东南亚已得到广泛应用,实践证明,该防水混凝土比普通防水材料更加可靠,且制备方便。

2 耐久性混凝土

普通混凝土受海水浸蚀和暴露在有腐蚀介质的环境中,腐蚀非常严重。采用外表面涂覆防腐材料的方法一般也只能维持 8~10 a。采用高耐久性混凝土可以无需表面涂覆或减少涂覆防腐材料,节约了资金。澳大利亚悉尼已采用该高耐久性混凝土 1 万 m³ 制成预制板,用于第 3 条机场跑道的挡墙。