

文章编号: 0451-0712(2004)12-0085-04

中图分类号: U416. 201

文献标识码: B

路面结构厚度与疲劳损坏关系分析研究

罗晓辉

(北京建筑工程学院北京市100044)

摘要: 为了研究路面结构厚度与疲劳损坏之间的关系,选择了高速公路典型路面结构及参数,应用水泥混凝土路面设计规范编写组开发的 HCPD1.0 软件和 SHELL 公司的 Basir3.0 软件分别计算和分析了水泥混凝土路面和沥青混凝土路面的不同路面结构厚度与发生疲劳损坏时累计轴载作用次数的关系,并进行了经济比较,在此基础上探讨了长寿命路面的合理结构厚度。

关键词: 水泥混凝土路面; 沥青混凝土路面; 疲劳损坏; 累计轴载作用次数; 长寿命路面

为了研究路面结构厚度与疲劳损坏之间的关系,本文选择了高速公路 3 个典型路面结构,对路面结构厚度与疲劳损坏之间的关系进行了分析。

1 水泥混凝土路面

1.1 路面结构与参数

选择的水泥混凝土路面典型路面结构及参数如表 1 所列。

表 1 水泥混凝土路面典型结构及参数

结构组合	厚度/m	弹性模量 MPa	弯拉强度 MPa
水泥混凝土板	0.25,0.26,0.27, 0.28,0.29,0.30	31 000	5.0
水泥稳定粒料基层	0.20	1 500	0.4
二灰稳定土垫层	0.20	600	0.2
土基	—	30	—

1.2 疲劳损坏指标

按现行设计方法,以累计轴载和温度综合作用发生水泥混凝土板断裂为疲劳损坏指标。

1.3 水泥混凝土板厚度与标准轴载累计作用次数关系

以公路自然区划Ⅱ区高速公路为例,根据现行设计规范确定了上述路面结构的水泥混凝土板厚度与标准轴载累计作用次数关系如下式:

$$N_e^{0.057} = (19.328\ 5 - 5.141\ 4\sigma_{tr})h^{14}$$

(1)

$$\sigma_{tr} = f(h)$$

(2)

式中: N_e 为累计标准轴载作用次数,次; σ_{tr} 为水泥混凝土板的温度应力,MPa; h 为水泥混凝土板厚度,m。

经计算,水泥混凝土板厚与累计标准轴载作用次数相关数值汇总于表 2,并如图 1 所示。

表 2 水泥混凝土板厚与累计标准轴载作用次数相关数值

水泥混凝土板厚 m	温度应力 σ_{tr} MPa	累计标准轴载作用次数 万次
0.25	0.899	50
0.26	0.873	150
0.27	0.841	470
0.28	0.773	1 700
0.29	0.610	10 300
0.30	0.527	37 300

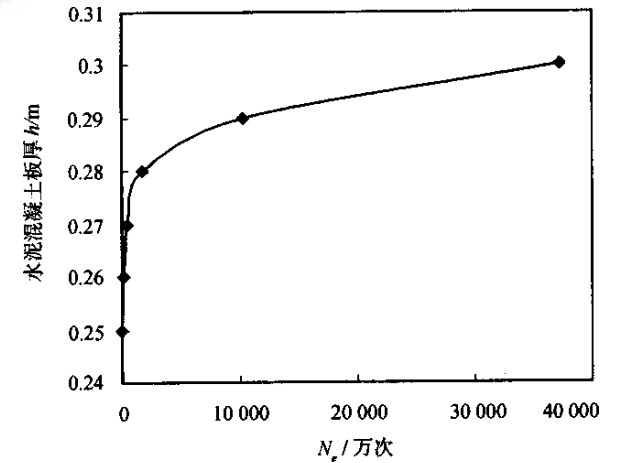


图 1 水泥混凝土板厚与累计标准轴载作用次数关系

1.4 结论

根据本算例的计算结果,当水泥混凝土板厚度达到 0.29 m 时,其能承受的累计标准轴载作用次数显著提高,超过了 1 亿次。可见,从理论上讲,高速公路水泥混凝土路面要获得较长的使用寿命,水泥混凝土板的厚度一般应不小于 0.29 m。

2 沥青混凝土路面

2.1 路面结构及参数

根据高速公路常用沥青混凝土路面结构和以往较成功的路面结构,选择了表 3 所列的 2 种沥青混凝土路面结构及参数。结构组合 I 旨在分析半刚性基层厚度与结构疲劳损坏之间的关系,结构组合 II 旨在分析粗粒式沥青混凝土或沥青稳定碎石上基层(或称粗粒式沥青混凝土下面层)厚度与结构疲劳损坏之间的关系。

2.2 疲劳损坏指标

根据现行设计规范,对于结构组合 I ,选择的疲

表 3 沥青混凝土路面典型结构及参数

结构组合	路面结构	厚度/m	20℃弹性模量/MPa	15℃弹性模量/MPa	强度/MPa
结构组合 I	沥青混凝土磨损层	0.04	1 400	2 000	1.2
	中粒式沥青混凝土	0.06	1 200	1 800	0.8
	粗粒式沥青混凝土	0.08	1 000	1 400	0.6
	水泥稳定粒料基层	0.20,0.25,0.30,0.35, 0.40,0.45,0.50,0.6	1 500	1 500	0.4
	二灰稳定土垫层	0.20	600	600	0.2
	土基	—	30	30	—
结构组合 II	沥青混凝土磨损层	0.04	1 400	2 000	1.2
	中粒式沥青混凝土	0.06	1 200	1 800	0.8
	粗粒式沥青混凝土	0.08,0.10,0.15,0.20,0.25,0.30	1 000	1 400	0.6
	水泥稳定粒料基层	0.20	1 500	1 500	0.4
	二灰稳定土垫层	0.20	600	600	0.2
	土基	—	30	30	—

劳损坏指标为路表弯沉、半刚性基层底面和半刚性垫层底面的弯拉应力;对于结构组合 II ,选择的疲劳损坏指标为路表弯沉、粗粒式沥青混凝土上基层底面弯拉应力、半刚性下基层底面和半刚性垫层底面的弯拉应力。

2.3 沥青混凝土路面结构厚度与标准轴载累计作用次数关系

根据现行沥青混凝土路面设计规范,确定了各种疲劳损坏指标的沥青混凝土路面结构厚度与累计标准轴载作用次数关系如下。

半刚性基层沥青混凝土路面路表弯沉:

$$600N_e^{-0.2}=0.043\ 4l^{1.613}\tag{3}$$

半刚性下基层与粗粒式沥青混凝土(或沥青稳定碎石)上基层组成复合沥青混凝土路面路表弯沉:

$$780N_e^{-0.2}=0.043\ 4l^{1.613}\tag{4}$$

粗粒式沥青混凝土(或沥青稳定碎石)层底面弯拉应力: 万方数据

$$\sigma_{pr}=6.061N_e^{-0.22}\tag{5}$$

半刚性基层底面弯拉应力:

$$\sigma_{br}=1.142\ 9N_e^{-0.11}\tag{6}$$

半刚性垫层底面弯拉应力:

$$\sigma_{cr}=0.444\ 4N_e^{-0.11}\tag{7}$$

$$l,\sigma_{pr},\sigma_{br},\sigma_{cr}=f(h)\tag{8}$$

式中: N_e 为累计标准轴载作用次数,次; l 为路表理论弯沉,0.01 mm; σ_{pr} 为粗粒式沥青混凝土(或沥青稳定碎石)层底面理论弯拉应力,MPa; σ_{br} 为半刚性基层底面理论弯拉应力,MPa; σ_{cr} 为半刚性垫层底面理论弯拉应力,MPa; h 为路面结构层厚度,m。

利用 SHELL 公司 Basir3.0 程序计算在标准轴载作用下不同路面结构厚度的路表理论弯沉、粗粒式沥青混凝土层底面理论弯拉应力、半刚性基层底面理论弯拉应力和半刚性垫层底面理论弯拉应力,并应用式(4)~式(7)确定了路面结构厚度与累计标准轴载作用次数的关系,计算结果分别汇总于表 4~表 10 和图 2~图 5。

表 4 结构组合 I 半刚性基层厚度与
累计标准轴载作用次数关系(路表弯沉指标)

累计轴载作用次数/万次	半刚性基层厚度/m	路面结构总厚度/m
380	0.2	0.58
1 270	0.3	0.68
3 550	0.4	0.78
8 550	0.5	0.88
18 430	0.6	0.98

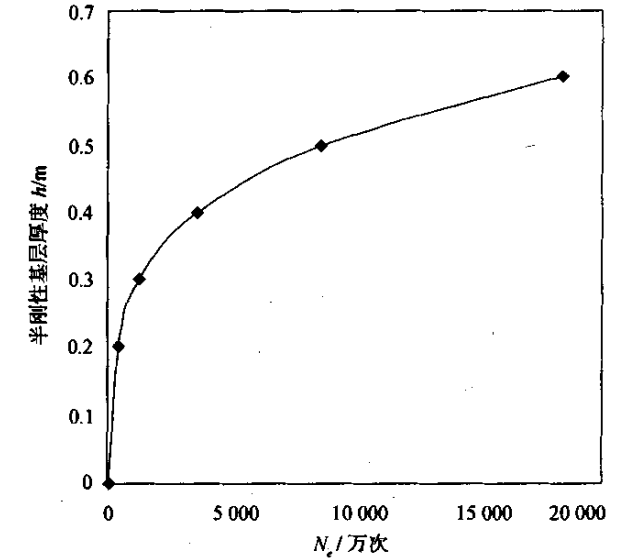


图 2 结构组合 I 半刚性基层厚度与累计标准轴载
作用次数关系(路表弯沉指标)

表 5 结构组合 I 半刚性基层厚度与累计标准
轴载作用次数关系(基层弯拉应力指标)

累计轴载作用次数/万次	半刚性基层厚度/m	路面结构总厚度/m
7 770	0.20	0.58
24 700	0.25	0.63
76 210	0.30	0.68
224 460	0.35	0.73
635 850	0.40	0.78

表 6 结构组合 I 半刚性基层厚度与累计标准
轴载作用次数关系(垫层弯拉应力指标)

累计轴载作用次数/万次	半刚性基层厚度/m	路面结构总厚度/m
60	0.20	0.58
280	0.25	0.63
1 150	0.30	0.68
4 000	0.35	0.73
13 400	0.40	0.78
42 000	0.45	0.83

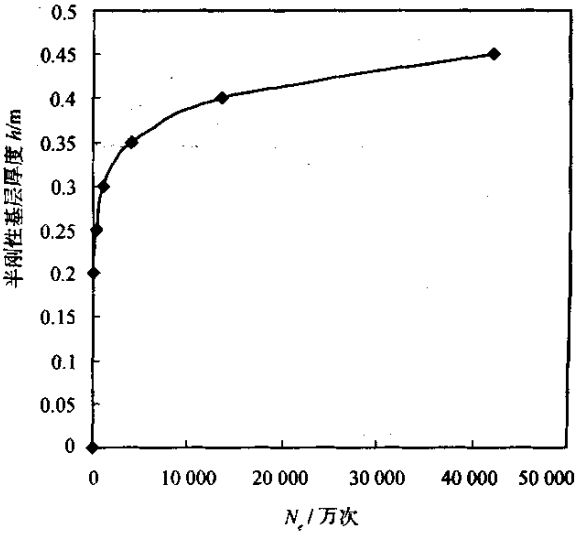


图 3 结构组合 I 半刚性基层厚度与累计标准
轴载作用次数关系(垫层弯拉应力指标)

表 7 结构组合 II 粗粒式沥青混凝土上基层厚度与累计
标准轴载作用次数关系(路表弯沉指标)

累计轴载作用次数 万次	粗粒式沥青混凝土 上基层厚度/m	路面结构总厚度 m
380	0.08	0.58
475	0.10	0.60
800	0.15	0.65
4 800	0.20	0.70
7 500	0.25	0.75
11 300	0.30	0.80

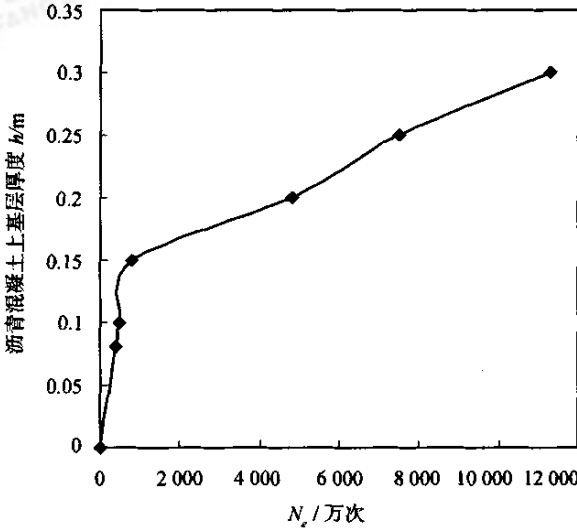


图 4 结构组合 II 粗粒式沥青混凝土上基层厚度与累计
标准轴载作用次数关系(路表弯沉指标)

表 8 结构组合Ⅱ粗粒式沥青混凝土上基层厚度与累计标准轴载作用次数关系(粗粒式沥青混凝土上基层弯拉应力指标)

累计轴载作用 次数/万次	粗粒式沥青混凝土 上基层厚度/m	路面结构总厚度/m
—(压应力)	0.08	0.58
—(压应力)	0.10	0.60
—(压应力)	0.15	0.65
5.82×10^7	0.20	0.70
6.30×10^6	0.25	0.75
2.52×10^6	0.30	0.80

表 9 结构组合Ⅱ粗粒式沥青混凝土上基层厚度与累计标准轴载作用次数关系(半刚性基层弯拉应力指标)

累计轴载作用 次数/万次	粗粒式沥青上混凝土 基层厚度/m	路面结构总厚度/m
7 770	0.08	0.58
12 350	0.10	0.60
38 500	0.15	0.65
115 620	0.20	0.70

表 10 结构组合Ⅱ粗粒式沥青混凝土上基层厚度与累计标准轴载作用次数关系(垫层弯拉应力指标)

累计轴载作用 次数/万次	粗粒式沥青混凝土 上基层厚度/m	路面结构总厚度/m
60	0.08	0.58
115	0.10	0.60
475	0.15	0.65
1 770	0.20	0.70
6 100	0.25	0.75
19 600	0.30	0.80

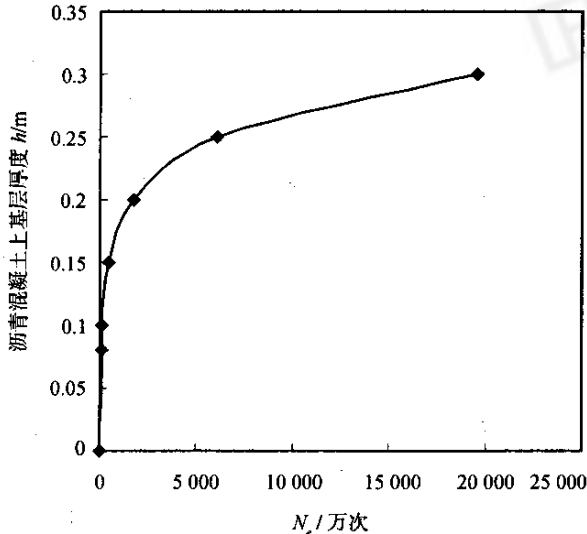


图 5 结构组合Ⅱ粗粒式沥青混凝土上基层厚度与累计标准轴载作用次数关系(垫层弯拉应力指标)

2.4 结论

(1)对于沥青混凝土路面结构组合Ⅰ(半刚性基层沥青混凝土路面)而言,半刚性基层弯拉应力较小,疲劳寿命较长,不起控制作用;路面结构的疲劳损坏,主要由路表弯沉和半刚性垫层弯拉应力决定;根据路表弯沉指标,当半刚性基层的厚度达到0.50 m时,所能承受的累计标准轴载作用次数为8 550万次,根据半刚性垫层弯拉应力指标,当半刚性基层的厚度达到0.40 m时,所能承受的累计标准轴载作用次数为13 400万次。因此,总体上讲,半刚性基层的厚度达到0.50 m左右(路面结构总厚度达到0.88 m左右),高速公路半刚性基层沥青混凝土路面才有可能具有较长的使用寿命。

(2)对于沥青混凝土路面结构组合Ⅱ(半刚性下基层与粗粒式沥青混凝土上基层复合路面)而言,粗粒式沥青混凝土上基层和半刚性下基层的弯拉应力均较小,疲劳寿命较长,不起控制作用;路面结构的疲劳损坏,主要由路表弯沉和半刚性垫层弯拉应力决定;根据路表弯沉指标,当粗粒式沥青混凝土上基层的厚度达到0.30 m时,所能承受的累计标准轴载作用次数为11 300万次,根据半刚性垫层弯拉应力指标,当粗粒式沥青混凝土上基层的厚度达到0.30 m时,所能承受的累计标准轴载作用次数为19 600万次。因此,总体上讲,粗粒式沥青混凝土上基层的厚度达到0.30 m左右(路面结构总厚度达到0.80 m左右),高速公路粗粒式沥青混凝土上基层与半刚性下基层复合沥青混凝土路面才有可能具有较长的使用寿命。

(3)由于现行沥青混凝土路面设计方法中的容许弯沉和应力疲劳方程均存在着不可靠性,上述得出的关于沥青混凝土路面结构厚度和使用寿命关系的结论,也有一定的不可靠性。

3 经济比较

3.1 水泥混凝土路面

(1)常用路面结构:26 cm 水泥混凝土+20 cm 水泥稳定碎石+20 cm 二灰稳定土,造价176 元/ m^2 ;

(2)上述路面结构,水泥混凝土板由26 cm 增加为30 cm,造价为192 元/ m^2 ,与常用路面结构相比,造价增长9.1%。

3.2 沥青混凝土路面

(1)常用路面结构:4 cm 沥青混凝土磨耗层+6 cm中粒式沥青混凝土+8 cm粗粒式沥青混凝土

文章编号: 0451-0712(2004)12-0089-04

中图分类号: U416.14

文献标识码: B

水南公路挖方边坡的稳定性评价及其整治

沈小辉

(广西交通基建管理局 南宁市 530021)

摘 要: 水南公路挖方边坡的稳定条件极为复杂, 整治工作不仅数量大, 而且难度较大。采用系统工程地质学和岩体结构控制论的思想, 根据挖方边坡的工程地质基础和实际施工情况, 提出了适用于水南公路挖方边坡岩体的分类方法, 总结了边坡稳定规律。不仅对一般挖方边坡的稳定性做了定性评价, 还利用数字测绘技术和数值模拟技术对全线重点边坡进行了定量评价。最后对边坡整治工作提出了若干措施。

关键词: 水南公路; 边坡岩体分类; 稳定性评价; 边坡整治

广西省河池(水任)~南宁公路(简称水南公路)是重庆~湛江国道主干线的重要路段, 全长 236.6 km, 大部分路段位于山岭重丘区。沿线石灰岩岩溶地区坡陡岭峻, 沟壑纵横, 深挖路堑多达 100 余处, 边坡高度一般为 30~80 m。由于该地区地质构造较为复杂, 断裂和褶皱较发育, 石灰岩层理发育, 并伴有溶洞等不良地质问题, 部分路段岩石为泥质页岩、炭质页岩, 岩体软弱破碎。同时地表水和岩溶地下水较丰富, 强降雨季节时间长。深挖路堑边坡的稳定问题较突出, 工程开工后, 按原设计坡比进行路堑开挖, 不少边坡存在不同程度的变形或失稳情况, 而且个别路段存在大型滑坡体。考虑到当今高等级公路建设中对边坡的稳定和美观以及与自然环境的协调等方面的较高要求, 避免公路在施工和运营中出现边坡破坏和山体塌方, 就全线深挖路堑边坡的稳定性评价

及其整治组织了系统的专题研究和处置。

1 挖方边坡的工程地质基础

水南公路挖方边坡的地层和岩性主要为: 泥盆系、石炭系、二迭系和三迭系的石灰岩、页岩和泥岩, 第三系的泥岩和粉砂岩, 第四系的冲洪积层粘土和砂砾土; 另外, 在南宁盆地边缘出露有寒武纪砂岩。其岩组可以划分为碎屑岩建造岩组和碳酸盐建造岩组, 沿线地区属广西省山字型构造体系的前弧西翼的一部分, 有华力西—印支构造层出露, 总体呈北西向构造。

2 挖方边坡岩体分类

水南公路的挖方边坡岩体由于岩性、产状和风化程度等不同, 在不同的坡形设计和开挖中表现为

收稿日期: 2004-09-16

土+38 cm 水泥稳定碎石+20 cm 二灰稳定土, 造价 215 元/m²。

(2) 采用路面结构组合 I, 如水泥稳定碎石基层厚度增加到 50 cm, 则造价约为 236 元/m², 与常用路面结构相比, 造价增加 10%。

(3) 采用路面结构组合 II, 如粗粒式沥青混凝土层厚度增加到 25 cm, 则造价约为 285 元/m², 与常用路面结构相比, 造价增长 32.6%; 如粗粒式沥青混凝土层厚度增加到 30 cm, 则造价约为 312 元/m², 与常用路面结构相比, 造价增长 45.1%。

参考文献:

- [1] JTG D40-2002, 公路水泥混凝土路面设计规范[S].
- [2] JTJ 014-1997, 公路沥青路面设计规范[S].
- [3] 邓学钧, 黄晓明. 路面设计原理与方法 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [4] 朱照宏, 许志鸿. 柔性路面设计理论和方法 [M]. 同济大学出版社, 1987.
- [5] (美) 黄仰贤. 路面分析与计算 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.
- [6] 姚祖康, 朱以敬. 道路路面工程 [M]. 北京: 中国建筑出版社, 1984.